Я. И. ПЕРЕЛЬМАН

КЫЗЫКЛЫ АСТРОНОМИЯ

ТАТГОСИЗДАТ
КАЗАН 1941

Я. И. ПЕРЕЛЬМАН

Тәржемәчесе Н. К. РӘЕМЕВ

КЫЗЫКЛЫ АСТРОНОМИЯ

ТАТГОСИЗДАТ
Фән-техника әдәбияты секторы
Казан 1941

ИЗДАТЕЛЬСТВОДАН

Астрономиядән хәзергә кадәр татар телендә җиңел аңлаешлы һичбер китап юклыгын күздә тотып, шул җитешсезлекне аз гына булса да киметү теләге белән, шушы китапны чыгарырга булдык. Бу китап, урта мәктәп укучылары өчен генә түгел, астрономия белән кызыксынган киң катлау халык өчен дә файдалы булыр дип уйлыйбыз.

Бу китап Я. И. Перельманның „Занимательная астрономия" исемле китабын кыскартып һәм кайбер җирләрен беркадәр үзгәртеп татарчалаштырудан гыйбарәт. Китапның иң кызыклы урыннары тулы килеш алынды. Кайбер урыннарда физика һәм астрономия мәсьәләләрен ачыграк аңлату өчен материал өстәргә туры килде.

I

Җир, аның формасы һәм хәрәкәтләре

Вакытның биш төрле булуы

Без кесә һәм стена сагәтләреннән файдаланырга шул кадәр гадәтләнгәнбез, хәтта аларның күрсәтүләренең нинди әһәмияте барлыгын да күбесенчә төшенмибез. Мәсәлән: хәзер кичке сагәт җиде, дисәк, моның белән ни әйтергә телибез? Бу китапны укучылар арасында бик азы гына бу сорауга дөрес җавап бирә алыр.

Ә сез ничек уйлыйсыз? Сагәтнең кечкенә стрелкасы җиделе цифрны күрсәтә, дип аңлатырга гына телисезме? Ул цифр нәрсәне белдерә соң? Ул цифр, тәүлекнең төштән соңгы $\frac{7}{24}$ өлеше узган икәнен белдерә. Бу җаваптан соң, кайсы тәүлекнең $\frac{7}{24}$ өлеше һәм нинди төштән сонгы $\frac{7}{24}$ өлеше? тәүлек үзе, нәрсә ул? дигән сорауларны алга куярга мөмкин.

Тәүлек дип, җир шарының үз күчәре тирәсендә бер тапкыр тулы әйләнеп чыгу вактына әйтәләр. Ул вакытны практикада болай үлчиләр: күзәтеп торучы кешенең баш түбәсе турысында — күктәге нокта („зенит“ ноктасы) белән көньяк горизонттагы ноктаны тоташтыручы сызык аша Кояшның (яки дөресрәк әйтсәк, кояш үзәгенең) бер-бер артлы ике тапкыр узып китү вакытларын тикшерәләр. Шул вакытлар арасы һәркайчан да бер тигез булмый. Әлеге сызык турысына кояш кайчакта сонрак, кайчакта иртәрәк килеп җитә. Мондый „чын төшлек“ вактына карап сагәтне дөресләргә мөмкин түгел; һичбер оста мастер да сагәтне Кояш буенча гына йөрерлек итеп дөресли алмый, чөнки Кояш тәүлеге бик үзгәреп тора. Моннан йөз ел элек Париж сагәтчеләре үзләренең гербларына „Кояш вакытны алдап күрсәтә“ дип язганнар.

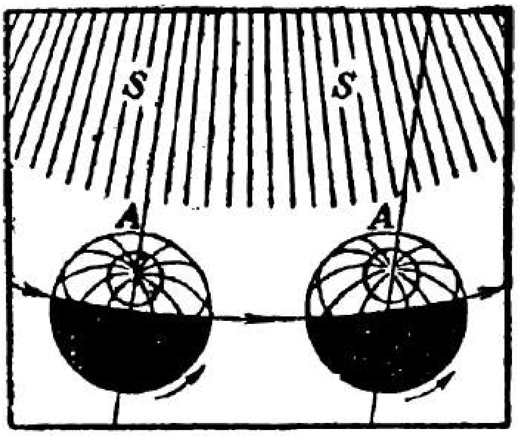
Безнең сагәтләр реаль Кояшка карап дөресләнмиләр, уйда гына күз алдына китерелгән „кояшка“ карап дөресләнәләр. Ул кояш, билгеле инде, яктыртмый да, җылытмый да; аны бары тик вакытны дөрес исәпләр өчен генә уйлаганнар. Уй белән шундый кояшны күз алдына китерергә мөмкин: ул кояш бөтен ел буена һаман бер тизлек белән җир тирәсендә әйләнеп йөри, шуңа күрә ул төш вактында һәр вакыт бер билгеле нокта турыннан узып китә. Шундый, уй белән генә күз алдына китерелгән кояшны астрономнар „урта кояш“ дип атыйлар. Урта кояшның зенит-көньяк сызыгы аша үтеп китү моментын „урта төшлек“ диләр; ике урта төшлек арасын „урта кояш тәүлеге“ дип, ә бу рәвештә исәпләп йөртелгән вакыт „урта кояш вакты“ дип йөртелә. Кесә һәм стена сагәтләре менә шул урта кояш вакты буенча йөриләр. Утыртып куелган таяк күләгәсе буенча вакыт тикшерелә торган кояш сагәтләре андый урта кояш вактын күрсәтмиләр, һәр урынның үзенә күрә ч ы н к о я ш вактын күрсәтәләр.

Югарыдагыларны укыганнан соң, җир шары үзенең күчәре тирәсендә тигез әйләнми; шуңа күрә, чын кояш тәүлекләре тигез булмыйлар, дигән уй килүе мөмкин. Болай уйлау дөрес түгел. Тәүлекләрнең тигез булмавы кояш тирәсендәге орбитасы буенча җирнең әйләнү хәрәкәте тигез булмаудан килә. Без тәүлек озынлыгына аның тәэсир итүен хәзер аңларбыз. Беренче рәсемдә сез җир шарының ике төрле торышын күрәсез.

Иң элек сул яктагысын карыйк. Аның астында уң яктагы ук җирнең үз күчәре тирәсендә кая таба әйләнүен күрсәтә; әгәр без төньяк полюска карасак, ул сагәт теленең киресенә таба әйләнә икәнен күрәбез. Хәзер анда „А“ ноктасында төш вакты, чөнки ул нокта нак кояш каршыннан узып бара. Инде хәзер Җир үзенең күчәре тирәсендә бер тапкыр әйләнеп чыкты дип уйлыйк; ул вакыт эчендә Җир орбита буенча икенче урынга күчеп өлгерә. Җирнең „А“ ноктасына таба сузылган радиусы бер тәүлек элек ничек булса, хәзер дә шул ук юнәлештә кала; ләкин хәзер „А“ ноктасы элеккечә Кояш каршында ук тормый, „А“ ноктасында торган кеше өчен төш вакты җитмәгән әле, чөнки Кояш аңардан сулдарак тора. „А“ ноктасында төш вакты килеп җитсен өчен, Җир тагын берничә минут әйләнергә тиеш.

Моннан нәрсә аңларга кирәк соң? Моннан шуны аң-

ларга кирәк: ике чын кояш төшлеге арасындагы вакыт Җирнең үз күчәре тирәсендә бер тапкыр әйләнеп чыгу вактыннан озынрак. Әгәр җирнең Кояш тирәсендә әйләнү юлы түгәрәк булса һәм Кояш шул түгәрәкнең үзәгендә торса, Җирнең үз күчәре тирәсендә әйләнү вакты белән Кояш буенча күренгән әйләнү вакты арасындагы аерма һаман бер төсле булып торыр иде. Ул вакытта тәүлекнең озынлыгы һәр көнне күпме арта баруын исәпләп чыгару бик ансат, чөнки ул чакта бөтен ел буена арту зурлыгы бер тәүлеккә җыела. Икенче төрле әйткәндә — Җир орбита буенча хәрәкәт иткән чакта бер ел эчендә үз күчәре тирәсендә бер тапкыр артык әйләнеп чыга, дигән сүз. Ул чакта Җирнең бер тапкыр әйләнү вакты:



1 нче рәсем. Кояш тәүлекләре йолдызларикыннан ни өчен озынрак?

$$365\frac{1}{4} \text{ тәүлек}: 366\frac{1}{4} = 23 \text{ сагәт } 56 \text{ мин. } 4 \text{ секунд була.}$$

Монда шуны искә алырга кирәк: тәүлекнең „чын озынлыгы“ дип Җирнең теләсә нинди йолдызга карата әйләнү вактына әйтәләр; шуңа күрә андый тәүлек „**йолдыз тәүлеге**“ дип атала.

Шулай итеп, йолдыз тәүлекләре кояш тәүлекләренә карагында **уртача** 3 минут 56 секундга, яки түгәрәкләп әйтсәк, 4 минутка кыскарак булалар. Ләкин бу аерма һәр вакытта бер зурлыкта булмый. Чөнки Җир шары Кояш тирәсендә түгәрәк орбита буенча тигез хәрәкәт белән әйләнми, бәлки эллипс буенча әйләнә һәм аның Кояшка якынрак урыннарында тизрәк, Кояшка ераграк урыннарында әкренрәк әйләнә.

Менә шул сәбәп (һәм хәзер монда сөйләнмәгән тагын бер сәбәп) аркасында чын тәүлек белән уртача тәүлек озынлыклары арасындагы аерма төрле көндә төрлечә була һәм ул кайсы көннәрдә 16 минутка җитә. Ел буенча ике төрле тәүлекнең дә озынлыгы бары дүрт кенә тапкыр бер-беренә туры килә: 15 нче апрельдә, 14 нче июньдә, 1 нче сентябрьдә, 24 нче декабрьдә. Елның ике көнендә—11 нче февральдә, 2 нче ноябрьдә бу аерма чирек сагәт чамасына җитә.

1919 нчы елга кадәр СССР гражданнары җирле кояш вакты белән яшиләр иде. Җир шарының төрле меридианнарында уртача төшлек төрле вакытта була (ягъни һәр урынның үзенең төшлек вакты була) иде; шуңа күрә һәр шәһәр үз җирендәге вакыт белән яши иде. Бары тик, поездларның килү-китү вакытлары гына гомуми вакыт белән йөртелә иде. Бу гомуми вакыт—Ленинград (элекке Петербург яки Петроград) вакты иде. Халык телендә „шәһәр вакты" һәм „вокзал вакты" дигән ике төрле вакыт сөйләнә иде. Аларның беренчесен — шәһәр сәгатьләре, икенчесен — тимер юл вокзалларындагы сәгатьләр күрсәтә иде.

1919 нчы елда вакыт исәпләп йөртү өчен һәр урынның үз вакты түгел, „халыкара вакыт" яки „пояска караган вакыт" нигез итеп алынды. Җир шары, меридианнар белән һәр кайсы бер тигез булган 24 төрле „пояс"ка бүленгән. Бер пояска кергән һәр урында вакыт исәбе бер төрле йөртелә; шул поясның урта меридианында уртача кояш вакты („төп вакыт") күпме булса, шул вакыт буенча исәпләнә. Шулай итеп, хәзер вакыт 1919 нчы елга кадәр булган шикелле күп төрле вакыт белән йөртелмичә, бөтен Җир шарында 24 төрле вакыт кына „алынган".

Кайбер илләр, мәсәлән Кытай, Иран, Мексика, халыкара вакыт турындагы килешүгә шушы көнгәчә кушылмадылар әле.

Без югарыда өч төрле вакыт белән таныштык: 1) чын кояш буенча исәпләнгән вакыт; 2) һәр урынның уртача кояш вакты; 3) һәр поясның уртача вакты. Болардан башка, астрономнар тарафыннан файдаланыла торган дүртенче төрле вакыт бар, аны „йолдыз вакты" диләр. Без югарыда йолдыз буенча исәпләнгән тәүлекнең, уртача кояш тәүлегенә караганда 4 минут чамасы кыскарак булганын әйтеп киткән идек.

Аннан соң, декретчә вакыт, дип аталган бишенче төрле вакыт бар. Безнең СССР халкы бөтен ел буе шул вакыт буенча яши. Көнбатыш илләрнең күбесендә җәй көне вакытны шул ук вакыт белән исәплиләр.

Декретчә вакыт уртача пояс вактыннан нак бер сәгать алда йөри. Иң элек Көнбатыш илләрендә, аннан соң бездә андый вакыт алынуның сәбәбе шул: елның якты вактында — яздан алып көзгә кадәр булган сезонда, ясалма яктырту чыгымнарын киметү өчен, халыкның эш көне иртәрәк башланып, иртәрәк бетүе бик әһәмиятле.

Безнең илдә вакыт, уртача кояш вактына караганда бөтен ел буена бер сәгать алдарак исәпләнә. Көнбатыш илләрдә яздан көзгә кадәр генә вакытны бер сәгать алга күчереп торалар.

Безнең Советлар Союзында декретчә вакыт 1930нчы елда яз көне тормышка ашырыла башланды.

Искиткеч күләгәләр

Кояшлы көнне үз күләгәгезне сынап караганыгыз бармы? Әгәр караганыгыз булса, төш вактына кадәр күләгәгезнең кыскара баруын, төш авышкач, тагын озыная башлавын күргәнсездер. 2 нче рәсемгә карагыз; үз күләгәгезнең шулай бөтенләй юкка чыкканын күргәнегез юктыр. Кояш сезнең баш түбәгез турысына, икенче төрле әйткәндә — зениткә күтәрелеп җиткән чакта гына андый хәлнең булуы мөмкин. Шуңа күрә, үз күләгәләренең юкка чыгуын күп кешеләрнең күрмәгән булуы бер дә гаҗәп түгел. Шулай да, 2 нче рәсемдә чынлап та булган хәл күрсәтелгән. Ләкин ул безнең киңлек сызыкларында түгел, экваторга якын тирәләрдә була. Безнең киңлек сызыкларында Кояш бер вакытта да зениткә күтәрелеп җитми; шуңа күрә андый хәлне бездә күрергә мөмкин түгел. Бездә кояшның иң югары күтәрелгән чагында, 22 нче июньдә, эссе пояснык төньяк чигендә булган бөтен урыннарында (Рак тропикасында, ягни төньяк киңлегенең $23^1/_2{}^\circ$ параллель сызыгында) Кояш зениттә тора. Ярты елдан соң, 22 нче декабрьдә көньяк киңлегенең $23^1/_2{}^\circ$ параллель сызыгында (Козерога тропикасында) Кояш зениттә тора. Шушы ике чик урталыгындагы урыннарда, ягни эссе пояста Кояш бер ел эчендә ике тапкыр зениткә

2 нче рәсем. Бу кешенең күләгәсе бер дә юк дияргә була. Рәсем экваторга якын урында төшереп алынган.

күтәрелеп җитә; ул чакта кешеләрнең дә һәм башка нәрсәләрнең дә күләгәләре булмый.

3 нче рәсемдә полюсларда була торган күләгә күрсәтелгән. Дөрес, бер вакытта да бер кешедән алты күләгә төшүе мөмкин түгел. Ләкин монда художник полюслардагы күләгәләрнең ничеклеген ачыграк күрсәтәсе килеп, шулай эшләгән. Полюсларда күләгәләр көн буе һаман

3 нче рәсем. Полюстагы күләгәнең озынлыгы көн буе бер төсле була.

бер озынлыкта булып торалар. Моның сәбәбе шул: полюста Кояш, бездәге шикелле горизонтка карата почмак ясап хәрәкәт итмичә, бәлки бөтен тәүлек буена диярлек, горизонтка параллель хәрәкәт итә. Аннан соң рәсемдәге ялгышлык шул: кешенең озынлыгына караганда күләгәсе бик кыска күренә; мондый күләгә Кояш 40° биеклеккә күтәрелгән чакта гына була. Полюста алай булуы мөмкин түгел, чөнки анда Кояш $23^1/_2$° тан артык биеклеккә күтәрелми. Полюста иң кыска чакта да күләгәнең озын-

лыгы кеше озынлыгыннан 2,3 тапкыр артык була (тригонометрия белгән кеше моны бик ансат тикшереп карый ала).

Ике поезд турында мәсьәлә

Икесе дә бер тигез булган ике поезд бер-берсенә капма-каршы якка таба баралар. Аларның берсе — көнчы-

4 нче рәсем. Ике поезд турындагы мәсьәлә.

гыштан көнбатышка, икенчесе — көнбатыштан көнчыгышка таба бара. Шул поездларның кайсы авыррак булыр?

Чишү

Җир әйләнү юнәлешенә каршы таба, ягни көнчыгыштан көнбатышка таба хәрәкәт итүче поезд авыррак була, яки дөресрәк әйткәндә — рельсларга күбрәк баса. Ул поезд җир шары күчәре тирәсендә әкренрәк әйләнә; шуңа күрә үзәктән качу көче аркасында аның авырлыгы, көнчыгышка таба баручы поезд авырлыгына караганда, азрак кими.

Ул аерма зурмы соң? Бу сорауга җавап бирү өчен 60 нчы параллель сызыгы буенча 36 *км*/сагәт, яки 10 *м/сек* тизлек белән баручы поездларны исәпләп карыйк. Җир өстенең ул параллель сызыгындагы нокталары җир күчәре тирәсендә 230 *м/сек* тизлек белән әйләнәләр. Димәк, җир әйләнеше белән бер юнәлештә, ягни көнчыгышка таба баручы поездның тизлеге 230 + 10 = 240 *м/сек* була, э җир әйләнүенә каршы якка — көнбатышка таба баручы поездның тизлеге 220 *м/сек* була. 60 нчы параллельдә Җирнең әйләнү радиусы 3200 *км*. Шулай булгач, беренче поездның үзәккә омтылу тизләнеше,

$$\frac{24000^2}{320\,000\,000} \text{ см/сек}^2.$$

ә икенче поездныкы,

$$\frac{22000^2}{320\,000\,000} \text{ см/сек}^2$$

булып чыга. Ике поездның үзәккә омтылу тизләнешләре арасындагы аерма,

$\frac{24\,000^2 - 22\,000^2}{320\,000\,000} = 0{,}3$ *см/сек*^{2} чамасы булып чыга. Монда үзәккә омтылу юнәлеше белән авырлык көче юнәлеше арасындагы почмак 60° була. Шулай булгач, без үзәккә омтылучы тизләнешнең билгеле бер өлешен генә алырга тиеш булабыз; ул:

$0{,}3$ *см/сек* $\times \cos 60° = 0{,}15$ *см/сек*^{2} килеп чыга.

Бу — авырлык көче тизләнешенең $\frac{0{,}15}{980}$ өлеше, яки чама белән 0,00015 булып чыга.

Димәк, көнчыгышка таба баручы поезд көнбатышка баручы поезддан үз авырлыгының 0,00015 өлеше кадәр кимрәк була. Әгәр поезд составында бер паровоз һәм йөк төялгән 15 вагон булса, ягни аның авырлыгы 400 тонна чамасы булса, ике поездның авырлыклары арасындагы аерма,

$$400 \times 0{,}00015 = 0{,}06 \text{ т} = 60 \text{ кг}$$

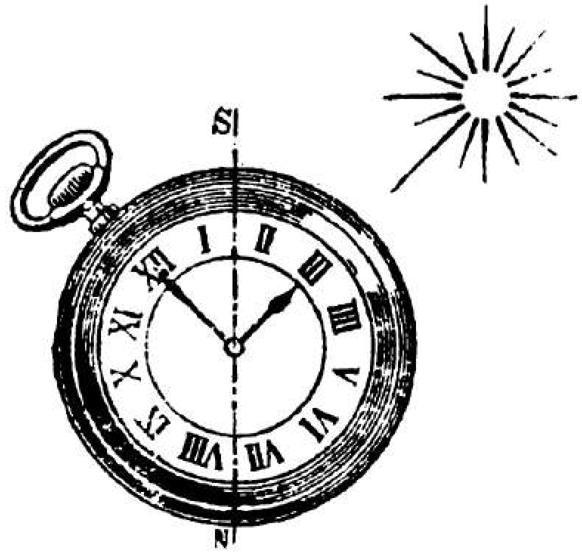
булып чыга. Бу — бер зур кеше авырлыгы кадәр дигән сүз.

Су кушы 20 000 тонна булган зур пароход булганда, бу аерма 3 тонна чамасы булыр иде. Андый пароход сәгатькә 36 *км* (20 узел) тизлек белән көнчыгышка таба барса, көнбатышка таба барган чактагыга караганда 3 тоннага җиңелрәк булыр һәм, билгеле инде, шуңа карап аның суга утырышы да кимрәк булыр иде. Көнчыгышка таба барганда пароходның авырлыгы киму терекөмешле барометрның күрсәтүенә тәэсир итә. Мәсәлән, югарыда әйтелгән тизлек булганда терекөмешле барометрның биеклеге $0{,}00015 \times 760$ булырга, ягни көнчыгышка таба баручы пароходда басым көнбатышка таба баручы пароходда булган басымнан 0,1 *мм* кимрәк була. Ленинград урамы буенча көнчыгышка таба бер сагәткә 5 *км*

тизлек белән баручы җәяүле кешенең дә авырлыгы көнбатышка барган чактагыга караганда 1 грамм чамасы кимрәк була.

Кесә сагәте буенча дөньяның якларын табу

Кояшлы көнне кесә сагәте ярдәмендә горизонтның төрле якларын табу бик күп кешеләргә билгеле нәрсә. Горизонт якларын табу өчен, сагәтне күрсәтә торган стрелканы Кояшка таба каратып куела. Шул стрелка белән VI—XII сызыгы арасындагы почмак икегә бүленә. Почмакны икегә бүлүче сызык көньякны күрсәтә. Бу юл белән горизонтның төрле якларын табу нәрсәгә нигезләнгән икәнен белү читен түгел. Кояш бер тәүлек эчендәге хәрәкәтендә бөтен күкне 24 сагәттә йөреп чыга. Дөресрәк итеп әйткәндә, Җирнең үз күчәре тирәсендә бер әйләнеп чыгуы 24 сагәткә сузыла. Сагәт стрелкасы аның циферблатын 12 сагәттә әйләнеп чыга, ягъни бер тәүлек эчендә ике тапкыр әйләнеп өлгерә. Димәк, төш вактында сагәт стрелкасы Кояшка таба карап торса, бераз вакыттан соң ул Кояштан узып китә һәм аның очы ике тапкыр озынрак дуганы (кәкре юлны) уза. Шулай булгач, аның узган юлын икегә бүлсәк, төш вактында Кояшның кайсы якта булуын, ягъни көньякны, таба алабыз (5 нче рәсем).



5 нче рәсем. Кесә сагәте ярдәмендә дөньяның якларын табу юлы. Бу юл бик гади, ләкин бик үк дөрес түгел.

Тәҗрибәләргә караганда, бу юл шактый ялгыш нәтиҗә бирә. Хәтта ялгышу у н г р а д у с к а җ и т ә я з а. Ни өчен алай килеп чыкканын аңлар өчен, бу юл белән якынрак танышырга кирәк. Ялгышуның төп сәбәбе шунда: сагәт циферблаты горизонт яссылыгына параллель тора, ә Кояшның бер тәүлек эчендә йөри торган юлы полюста гына горизонт яссылыгына параллель була. Башка урыннарның һәммәсендә дә Кояш юлы белән горизонт арасында азмы-күпме почмак хасыйл була. Экваторда бу почмак 90° ка җитә. Шуңа күрә, кесә сагәте буенча дөньяның якларын полюсларда гына дөрес итеп билгеләп бу-

ла, ә башка җирләрдә азмы-күпме ялгышырга туры килә. Шулай да, көн белән төн тигезләнгән чакларда һәм кыш көне ялгышу азрак була.

Ак төннәр һәм кара көннәр

Апрель урталарыннан алып Ленинградда ак төннәр башлана. Ул төннәр таң алдыдай матур, үзенә бер төрле „серле“ якты төннәр булалар. Бу „айсыз якты“ төннәр күп кенә шыйгри хыяллар килеп чыгуга сәбәп булганнар. Телдә дә, әдәбиятта да ак төннәрне күбрәк Ленинградка гына бәйләп сөйлиләр. Ләкин андый ак төннәр Ленинградда гына түгел, билгеле киңлек сызыгыннан югарырак торган һәммә урында да була.

Аяз көнне кич белән Кояш баеганнан соң да шактый озак вакыт якты булып тора; чөнки Кояш горизонт артына кереп китү белән аның нурлары бетмиләр әле. Бу вакытны халык телендә эңгер-меңгер вакты дип, яки шәфак вакты дип йөртәләр. Җәй көне бездә шундый төннәр була: эңгер-меңгер яктылыгы (шәфак) бетеп тә җитми — аңарга таң яктысы килеп тоташа. Ак төннәр — әнә шул кичке шәфак белән таң яктысы бергә тоташкан төннәр булалар. Пушкин үзенең бер шигырендә „Алтынланган күк йөзенә төнге караңгылыкны төшермәс өчен, бер таң икенче таңны алмаштырырга ашыга“ дип бик дөрес әйтә. Кайбер киңлек сызыкларында, Кояш бер тәүлек күк гөмбәзе буенча йөри торган юлында, горизонт артына артык тирәнгә китми ($17^1/_2{}^\circ$ чамасында гына була). Андый урыннарда кичке караңгылык күк йөзен каплап өлгергәнче, таң нурлары алланып килеп чыгалар, — төн ярты сәгаткә дә тулмый кала.

Бу күренеш — астрономик күренешләрнең берсе, әлбәттә. Нинди урыннарда, кайчакларда ак төннәр булуы астрономиядә исәпләп чыгарылган. Ленинградтан шактый көньяктарак булган урыннарда да ак төннәр күрергә мөмкин. Мәсәлән, май урталарыннан июль ахырларына кадәр Москвада да ак төннәр була. Дөрес, алар Ленинградтагы шикелле үк якты булмыйлар булуын.

Ак төннәр зонасының көньяк чиге СССР да 49° та, Полтава киңлек сызыгы аша уза (аның барлык киңлеге $66^1/_2{}^\circ - 17^1/_2{}^\circ$). Полтавада елга бер тапкыр — 22 нче июньдә — ак төн була. Шул киңлек сызыгыннан төньякка таба киткән саен ак төннәр яктырак һәм озынрак була баралар. Куйбышевта, Казанда, Псковта, Кировта һәм Енисейс-

кидә дә ак төннәр була; ләкин алар Ленинграддан көньяктарак булганлыктан, алардагы ак төннәр ул кадәр якты булмыйлар һәм аларның периоды да кыска була. Ә инде Пудож шәһәрендә Ленинградлагыдан да яктырак булалар, Кояш бөтенләй батмый торган зонага якын урыннарда, мәсәлән: Архангельскида ак төннәр бигрәк тә якты булалар. Стокгольмның ак төннәре Ленинграддагы шикелле булалар.

Кояшның тәүлеклек юлы горизонт артына аз гына да төшмичә, горизонтка тиеп кенә китә торган булса, ул урыннарда кичке яктылыкка таң килеп тоташу түгел, өзлексез көн булып тора, дигән сүз. Андый күренешне 65°42′ киңлегендә күрә башларга мөмкин; ул урыннарда ярты төн кояшы хөкем сөрә башлый. Тагын да төньяккарак киткәч, 67°24′ киңлегеннән алып, өзлексез төннәр башлана; анда кичке яктылык белән иртәнге яктылык төн уртасында кушылмый, ә төш авышкач кушылып китә. Димәк, „кара көн“ хасыйл була. Кара төннең яктылыгы да ак төн яктылыгы белән бер дәрәҗәдә була. Шулай итеп, ул урыннарның көндезләре якты төнгә әверелә, ә төннәре бик караңгы була. Шул ук урыннарда тоташ якты көннәр, ягни ярты төн кояшы чыга торган чаклар да була; ләкин алар елның башка бер вактына туры киләләр. Июнь аенда Кояш һичбер батмый торган урыннарда декабрьдә тоташ төн башлана, ягни Кояш һич чыкмый; мәсәлән, Норвегиянең Тромзе утравында 19 нчы майдан 26 нчы июльгә кадәр, Квало утравында 14 нче майдан 30 нчы июльгә кадәр, Нордкап борны тирәсендә 12 нче майдан беренче августка кадәр Кояш горизонт артына батмый тора.

Көн белән төннең алмашынып торулары

Көн артыннан төн килү, төн узгач тагы яңа көн башлану, Кояш үзенең күк йөзендәге юлын узгач тагын бөтен күкне кара юрган төсле кара төннең каплап алуы картинасы бала чагыбыздан ук күз алдыбызда кабатланып килә. Шулай булса да, югарыда сөйләнгән ак төннәр белән танышкач, безнең җир шарының һәммә урыннарында да көн белән төн һаман бер тәртип белән алмашынып торалар, дип әйтә алмыйбыз. Безнең планетада көн белән төн алмашынып торуы төрле җирдә төрлечә була. Көн белән төн алмашынып тору тәртибе ягыннан без яши торган планетаны 5 төрле пояска аерырга була.

Экватордан башлап полюсларга таба китик.

Беренче пояс — 49° параллель сызыгына кадәр сузыла. Җир шарының менә шушы поясында гына һәр тәүлек тулы көннән һәм тулы төннән тора.

Икенче пояс — 49° белән $65^1/_2$° арасында ята; безнең Советлар Союзының Полтавадан төньяктарак булган бөтен җирләре шушы пояска керәләр. Бу — ак төннәр поясы. Монда җәйге көннәр озын, ә төннәр кыска һәм якты була.

Өченче пояс — $65^1/_2$° тан $67^1/_2$° ка кадәр генә. Бу поясга чама белән 22 нче июньнән башлап берничә тәүлек буена Кояш бөтенләй батмый тора.

Дүртенче пояс — $67^1/_2$° белән $83^1/_2$° арасында ята. Монда июньдә берничә тәүлек буена тоташ көн булып торса, декабрьдә берничә тәүлек буена төн булып тора. Кояш берничә тәүлек рәттән һичбер күтәрелми, шуна күрә көндез дә иртәнге һәм кичке караңгылык хөкем сөрә. Бу пояс — кара төннәр поясы.

Бишенче пояска — $83^1/_2$° тан да төньяктарак булган урыннар керә. Монда инде гадәттәгечә көн белән төннең алмашынып торуы бөтенләй юкка чыга. Бу пояста 22 нче июньнән 22 нче декабрьгә кадәр булган алты ай вакытны 5 чорга бүләргә мөмкин. Беренче чорда тоташ көн булып тора. Икенче чорда ярты төндә бик аз гына караңгылык була башлый, ләкин тулы төн булмый, тик Кояш батканнан соңгы караңгылык кына булып ала. Өченче чорда тулы көн дә, тулы төн дә булмый, бары тик шәфак вакты шикелле караңгылык кына була. Дүртенче чорда шул аз гына караңгылык төн уртасына таба куера башлый һәм ярты төн җиткәч чын тулы төн хасыйл була. Бишенче чорда тоташ төн булып тора. Елның икенче яртысында — декабрьдән июньгә кадәр — шул ук күренешләр кире тәртиптә кабатланалар.

Экваторның икенче ягында — көньяк ярты шарда да, югарыда әйтелгән киңлек сызыкларында, шул ук күренешләр була.

Ерак көньякта ак төннәр турында без аз ишетәбез, чөнки анда ак төннәр өлкәсе бөтенләе белән диярлек океаннар өстенә туры килә.

Көньяк ярты шарда, безнең Ленинград киңлек сызыгына туры килә торган параллель сызыгында аз гына да коры җир юк, ул урынны тоташ океан каплаган. Көньяк ак төннәрен шул океаннарда йөрүче диңгез сәяхәтчеләре һәм тикшерүчеләр генә күрә ала.

Полюсларда кояш нурлары җылытамы?

Полюсларга барып йөрүче илгизәрләр югары киңлек сызыкларында Кояш нурларының үзенә-бер-төрле гаҗәп ягын сөйлиләр. Анда Кояш нурлары җирне бик аз җылыталар, ләкин шул ук вакытта алар туры басып яки биек күтәрелеп торган әйберләрне искиткеч шәп җылыталар.

Текә тау битләре, өйләрнең стеналары шактый нык җылыналар, боз таулары тиз эриләр, агач корабларның бортларындагы сумалалар эреп төшәләр, кояшлы көнне тон һәм бит карала.

Вертикаль утырып торган әйберләргә полюс кояшы нурларының мондый тәэсирен нидән дип аңларга кирәк?

Бу мәсьәлә физика законы буенча чишелә. Нурлар әйбер өстенә никадәр кыек төшсәләр, әйберне шулкадәр азрак җылыталар, никадәр туры төшсәләр, шулкадәр яхшырак җылыталар. Поляр якларда җәй көне дә Кояш биек күтәрелми. Иң биек күтәрелгән чакта да, аның биеклеге поляр түгәрәккә карата 45° тан артык булмый; югарырак киңлек сызыкларында аның күтәрелү почмагы аннан да азрак була.

Әгәр горизонталь җир өсте белән кояш нурлары арасындагы почмак 45° чамасы булса, утырып тора торган әйбернең стенасы белән кояш нурлары арасындагы почмак, билгеле инде, 45° тан артык була. Икенче төрле әйткәндә, андый әйбер стенасына нурлар турырак төшәләр.

Менә шуңа күрә дә полюсларда тигез-горизонталь җир өсте бик аз җылынса да, үрә торган әйберләр бик нык җылыналар.

Елның төрле чорлары кайчан башланалар?

21 нче мартта карлы бураннар котырынса да, шатырдаган суык булса да, яки киресенчә, бөтенләй җылы һава булса да, 21 нче март көне — астрономиядә кыш бетеп яз башлану көне булып хисаплана. Бик каты суык яки бик җылы булуга карамастан, 21 нче март көненең яз башы булып билгеләнүе сәбәбен күп кешеләрнең ачык белмәве мөмкин.

Астрономиячә яз башы төрлечә үзгәргән һава хәленә карап билгеләнми. Астрономиячә яз башы, билгеле бер урын өчен генә түгел, бәлки ярты җир шары өчен уртак

итеп билгеләнә. Билгеле инде, ярты шарның һәммә җирендә дә һава хәленең бер төсле булуы мөмкин түгел.

Астрономнар елның төрле чорлары кай вакытта башланып, кай вакытта бетүен билгеләгәндә төрле урыннарның метеорология күренешләренә һичбер карамыйлар, бары тик астрономия күренешләре белән генә хисаплашалар. Бу эштә алар төп нигез итеп Кояшның күпме биеклеккә күтәрелүен һәм шуңа карап, көн озынлыгын алалар. Һава хәле үзе дә шуңа карап үзгәрүчән була.

21 нче март көне елның башка көннәреннән шул ягы белән аерыла: ул көнне безнең планетада яктылык белән күләгәне аера торган чик нак ике географик полюс аша үтә. Глобусны кулга алып, тиешле рәвештә борып, лампага таба каратып тотсагыз, аның яктырып торган йөзенең чиге җир меридианы аша сузылганын, экваторга һәм бөтен параллель түгәрәкләргә карата туры почмак ясап кискәнен күрерсез. Өстенә лампа яктысы төшкән глобусны күчәре тирәсендә болай әйләндереп карагыз: глобусның ноктасы әйләнеп чыккан түгәрәк сызыкның бер яртысы күләгәдә, ә икенче яртысы яктыда торсын. Мондый әйләнү моментында көн озынлыгы төн озынлыгына тигез була. Бу чакта төньяктан көньяк полюска кадәр бөтен җир шарында көн белән төн тигезләнгән була. Ул вакыт көн озынлыгы — тәүлекнең яртысы, ягни 12 сагәт булганлыктан, бөтен җирдә Кояш иртә сагәт 6 да чыга һәм кичке 6 да байый (билгеле, монда вакыт урындагы сагәт белән хисаплана).

Кыскасы, 21 нче март көнне бөтен җир шарында көн белән төн тигез озынлыкта булалар. Астрономнар телендә ул көн — „язгы көн-төн тигезләшү“ көне дип йөртелә; „язгы“ дип әйтүнең сәбәбе шул: көн белән төн тигезләнү елның башка вакытларында да була. Ул көннән соң ярты ел узгач, 23 нче сентябрьдә, тагын көн белән төн тигезләшәләр; бусы „көзге көн-төн тигезләшү“ була. Ул көнне җәй бетеп, көз башлана. Төньяк ярты шарда язгы көн-төн тигезләшүе вактында, экваторның икенче ягында, ягни көньяк ярты шарда көзге көн-төн тигезләшү була (һәм киресенчә). Экваторның бер ягында кыш бетеп, яз башлана, ә икенче ягында — җәй бетеп, көз башлана. Көньяк ярты шарда елның төрле чорлары төньяк ярты шардагы чорлар белән бер вакытка туры килмиләр.

Хәзер без бер ел эчендә көн белән төннең озынлыгы бер-берсенә карата ничек үзгәрүен тикшереп карыйк. Төньяк ярты шарда көзге көн-төн тигезләшү моментыннан,

ягни 23 нче сентябрьдән башлап, төн көннән озынрак була бара. 22 нче декабрьгә кадәр шулай көн һаман кыскара, төн озыная. 22 нче декабрьдә көн кыскару туктала. Шуннан соң ул әкрен-әкрен озыная башлый; 21 нче мартта көн озынлыгы төн озынлыгы белән тигезләшә. 21 нче марттан башлап төньяк ярты шарда көн төнгә караганда озынрак булып тора; бу хәл 6 айга сузыла. 21 нче июньгә кадәр көннәр озынаялар, аннан соң әкренләп кыскара башлыйлар; шулай да әле өч ай буена (23 нче сентябрьгә кадәр) көн озынлыгы төннән артыграк булып тора.

Югарыда саналган дүрт төрле көнгә карап, астрономнар елның дүрт чорын билгеләгәннәр. Алар түбәндәгечә:

21 нче март — көн белән төн тигез чак — яз башы.

22 нче июнь — көн иң озын чак — җәй башы.

23 нче сентябрь — көн белән төн тигез чак — көз башы.

22 нче декабрь — көн иң кыска чак — кыш башы.

Экваторның икенче ягында, ягни көньяк ярты шарда, бездәге чорларның киресе була, ягни бездә яз булганда — анда көз, бездә җәй булганда — анда кыш була.

Укучы үзе дә бу мәсьәлә өстендә эшләсен, аны ачыграк итеп күз алдына китерсен өчен сүз ахрында берничә кызыклы сорау биреп китәбез:

1. Җир шарының кайсы урнында көн белән төн ел буе бер тигез озынлыкта була?

2. Быел 21 нче мартта Ташкентта Кояш ничә сагаттә (җирле вакыт белән) чыга? Шул ук көнне Токиода ничәдә чыга? Буэнос Айреста ничәдә чыга?

3. Быел 23 нче сентябрьдә Новосибирскидә Кояш ничә сагаттә (җирле вакыт белән) бата? Нью-Йоркта ничәдә? Добрая Надежда борнында ничәдә?

4. Экватор пунктларында 2 нче августта Кояш ничәдә чыга? 27 нче февральдә ничәдә чыга?

5. Июль суыклары, январь эсселекләре булуы мөмкинме? [1]

---

[1] Сорауларга җаваплар: 1) Экваторда көн белән төн һәр вакыт тигез була, чөнки җир шары теләсә нинди торышта булса да, яктыртылу чиге экватор түгәрәген нак урталай бүлә. 2, 3) Көн белән төн тигезләшкән көннәрдә Җир йөзенең бөтен урыннарында Кояш иртә сагәт 6 да чыга һәм кич сагәт 6 да бата. 4) Экваторда Кояш бөтен ел буе иртә сагәт 6 да чыга (җирле вакыт белән). 5) Көньяк ярты шарның югары киңлек сызыкларында июльдә каты суыклар, январьдә җәйге эссе булу гади бер хәл булып санала.

Без Кояшка кайчан якынрак торабыз: кич беләнме, көндезме?

Әгәр җир түп-түгәрәк сызык буенча әйләнеп йөрсә, ә Кояш шул түгәрәкнең нак үзәгендә торса, югарыда куелган сорауга җавап бирү бик ансат булыр иде. Ул чакта без, көндез Кояшка якынрак торабыз, дип кенә җавап бирер идек, чөнки Җир үз күчәре тирәсендә әйләнгәндә аның Кояшка караган ягында көн, икенче ягында төн була. Билгеле инде, Җирнең Кояшка таба караган ягы аңа якынрак тора. Ул чакта Кояшка иң якын торган урыннар экваторда була һәм бу якынаю 6400 *км* га җитә (җир радиусы озынлыгы кадәр).

Ләкин, Җирнең Кояш тирәсендә әйләнеп йөри торган юлы — орбитасы түгәрәк булмыйча, эллипс рәвешендә булып, Кояш шул эллипсның бер фокусында тора. Шуңа күрә Җир Кояш тирәсендә әйләнеп йөргәндә, Кояштан һәр вакыт бер тигез ераклыкта тормый, ул аңардан әле ерагая, әле аңарга якыная. Беренче январьдән 1 нче июньгә кадәр Җир Кояштан ерагая, ә елның икенче яртысында аңа якыная, Җирнең Кояштан иң ерак торган чагы белән аңа иң якын торган чагы арасындагы аерма,

$$2 \times \frac{1}{60} \times 150\,000\,000 = 5\,000\,000 \text{ км була.}$$

Ераклыкның бу үзгәрүе һәр тәүлеккә уртача 30 000 *км* туры килә. Шуңа күрә, төш вактыннан алып Кояш батканга кадәр (чирек тәүлек эчендә) Җир өстенең Кояшка караган нокталарының ераклыгы уртача 7500 *км* га үзгәреп өлгерә. Бу үзгәреш — Җирнең үз күчәре тирәсендә әйләнүеннән килеп чыккан үзгәрүгә караганда зуррак.

Шулай булгач, югарыда бирелгән сорауга болай дип җавап бирергә туры килә: январьдән июльгә кадәр булган вакыт эчендә без төш уртасында Кояшка якынрак торабыз, кич белән аннан ераграк торабыз. Июльдән январьгә кадәр моның киресенчә була.

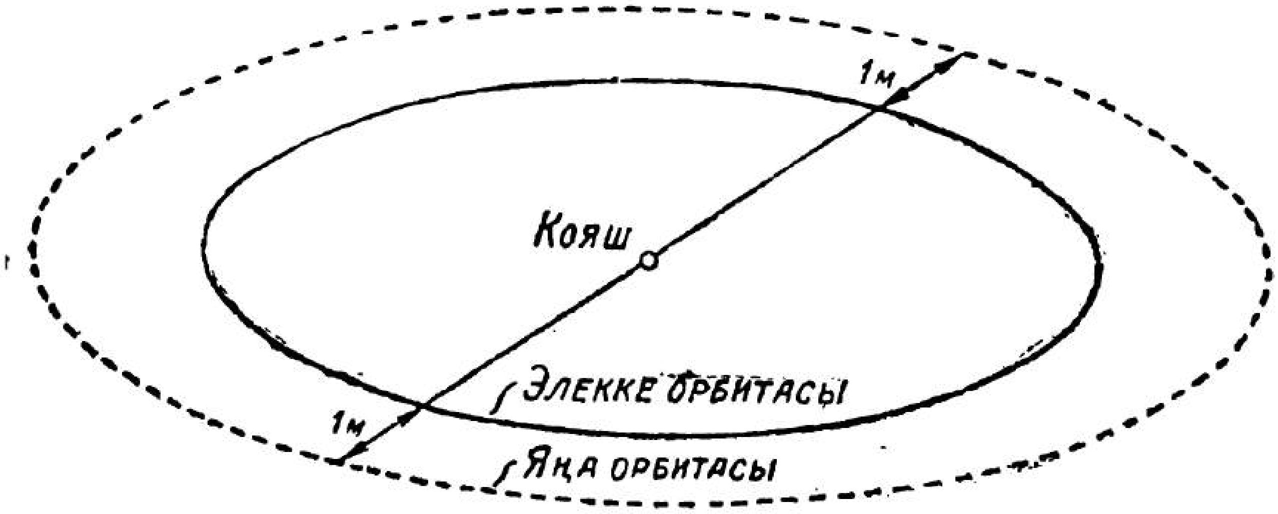
Әгәр бер метрга ераграк булса, ничек?

Җир Кояш тирәсендә уртача 150 000 000 километр ераклыкта торып әйләнә. Шул ераклык 1 метр арткан дип күз алдына китерегез. Әгәр дә ул чынлап та шулай артса, Җирнең Кояш тирәсендә әйләнеп йөрү юлы күпме артыр иде? һәм ул чакта, әгәр Җирнең орбита буенча

йөрү тизлеге элеккечә калса, ел озынлыгы күпме артыр иде?

Бу мәсьәләне болай чишәбез.

Бер метр, болай үзен генә алганда, артык озын нәрсә түгел. Шулай да, җир орбитасының гаять озынлыгын искә алсак, шул кечкенә генә артудан да орбитаның озынлыгы бик нык үзгәрергә, шулай булгач, ел озынлыгы да бик күп артырга тиеш, дигән нәтиҗәне чыгарырга туры килә. Бу нәтиҗә дөрес булырмы икән соң?



6 нчы рәсем. Әгәр безнең планета Кояштан 1 метр ерагайса, аның орбитасы күпмегә озынаер иде?

Әгәр исәпләп карасак, аерма бик аз килеп чыкканын күрербез. Күп кешеләрнең моңа ышанмавы мөмкин. Ләкин дөрестән дә ул аерма шулай аз булырга тиеш. Бер-берсенә концентрик булган ике түгәрәкнең озынлыклары арасындагы аерма ул түгәрәкләрнең радиусларына карамый, бәлки радиусларының аермасына гына карый. Бүлмә идәненә ике концентрик түгәрәк сызсак, алар арасындагы ара 1 *м* булса, аларның озынлыклары арасындагы аерма да космик түгәрәкләр аермасы шикелле үк була. Геометрия законына таянып исәпләсәк, моның шулай икәненә ышанырга туры килә. Әгәр җир орбитасын түгәрәк дип исәпләсәк һәм аның радиусын R *м* дип алсак, ул чакта аның озынлыгы $2\pi R$ була. Әгәр аның радиусы 1 метрга артса, озынлыгы $2\pi(R+1)$ га, яки $2\pi R+2\pi$ га тигез була. Шулай итеп, орбитаның озынлыгы бары 2π, ягни 6,28 метр гына артканлыгын күрәсез.

Кыскасы, Җир Кояштан 1 *м* ераклашса, аның Кояш тирәсендәге юлы $6^1/_4$ *м* чамасы гына артыр иде. Бу артуның ел озынлыгына һич тәэсире булмас иде, чөнки Җир

Кояш тирәсендә әйләнгәндә секундга 30 мең метр тизлек белән йөри. Шулай булгач, ел озынлыгы секундның 5 меңнән бер өлеше кадәр генә артыр иде.

Нинди вакыт дөрес?

Мәсәлән, сез бер сагәт эшләдегез, бер сагәт ял иттегез, ди. Әйтегез әле, шул ике вакыт икесе дә бер тигез булырмы?

— Әгәр алар икесе дә бик төгәл итеп тикшерелгән яхшы сагәт механизмы белән билгеләнсәләр, алар әлбәттә икесе дә бер тигез булыр, дип җавап бирерсез, бәлки. Әгәр шулай дип җавап бирсәгез, нинди сагәт механизмын дөрес дип хисапларга мөмкин? Бу сорауга каршы, астрономия күзәтүләре буенча, икенче төрле әйткәндә — бик тигез хәрәкәт итүче җир шарының әйләнүе буенча тикшерелгән сагәт механизмын дөрес дип хисапларга мөмкин, дияргә туры килә.

Җир шарының һәр вакыт бер төсле тизлек белән әйләнүен без кайдан беләбез соң? Җир шарының һәрбер әйләнеп чыгу вакты аннан элекке әйләнеп чыгу вактына тигез була, дип нәрсәгә таянып әйтә алабыз соң? Җир шарының үз күчәре тирәсендә әйләнеп чыгу вакты чынлап та һаман бер тигез буламы? Җир әйләнүе безнең вакыт хисабыбызның иң төп нигезе булып торганда, без югарыдагы сорауларны тикшерә алмыйбыз.

Шуны ачык итеп исендә тотарга кирәк: Җирнең һәр вакыт бер тигез тизлек белән әйләнүе тәҗрибә нигезендә билгеләнгән факт түгел. Җирнең әйләнү хәрәкәтен бары тик шартлы рәвештә генә тигез хәрәкәт дип алганнар. Икенче төрле әйткәндә, Җирнең әйләнү хәрәкәтен, башка әйберләр белән чагыштырганда, тигез хәрәкәт дип хисапларга сүз куешканнар. Шулай булгач, Җирнең әйләнү хәрәкәте — тигез хәрәкәт булуы билгеле түгел, бәлки без аны үзебез генә шулай дип фараз итәбез.

Берәр хәрәкәт турында без, бу тигез хәрәкәт дип, яки үзгәрешле хәрәкәт дип, аны башка бер хәрәкәт белән чагыштырып караганда гына әйтә алабыз. Мәсәлән, сагәт стрелкасы, җир шары әйләнеше белән чагыштырганда, тигез хәрәкәт итә; түбән таба төшереп җибәрелгән таш, шул ук җир шары әйләнеше белән чагыштырганда, үзгәрешле хәрәкәт итә, ягни түбән төшкән саен, аның һәрбер метрны төшү вакты кыскара бара.

Әгәр без җир шары тигез хәрәкәт итми, үзгәрешле хәрәкәт итә, дип уйласак, ул чагында түбән төшүче әйбернең хәрәкәтен тигез хәрәкәт дип хисапларга туры килер иде. Ләкин җир шары әйләнешен үзгәрешле хәрәкәт дип хисаплаганда практикада бик күп уңайсызлыклар килеп чыгар иде, чөнки ул чакта табигаттәге һәм техникадагы хәзергә кадәр тигез хәрәкәт дип хисаплап йөртелгән бик күп хәрәкәтләрне үзгәрешле хәрәкәтләр дип хисапларга туры килер иде. Ул чакта техник мәсьәләләрне исәпләп чыгару һәм табигат күренешләрен өйрәнү бик читенләшер иде. Җирнең әйләнү хәрәкәтен тигез хәрәкәт үрнәге дип хисаплап, бик дөрес эшләгәннәр. Алай дип хисаплау, күк йөзендәге йолдызларның бик „тигез" генә хәрәкәт иткән шикелле күренүләреннән килеп чыккан.

Шулай булса да, соңгы вакытларда астрономнар, күптән түгел генә әле законлашып киткән тигез хәрәкәт үрнәген, кайбер максатлар өчен, вакытлыча башка бер хәрәкәт белән алмаштырып торуны кирәк табалар. Ул алмаштыруның сәбәпләрен һәм нәтиҗәләрен кыскача күздән кичерик.

Күктәге хәрәкәтләрне бик җентекләп тикшерүләр нәтиҗәсендә, кайбер йолдызлар, үзләренең хәрәкәтендә, башта теория буенча билгеләнгәннән читкә чыкканлыгы беленгән; ә хәлбуки, ул читкә чыгаруларны күк механикасы законнары буенча аңлату мөмкин түгел. Мәсәлән, Айның һәм Юпитер тирәсендәге беренче, икенче иярченнең хәрәкәтләрендә, Меркурий хәрәкәтендә, хәтта Кояшның да безгә әйләнгәнсыман күренгән хәрәкәтендә, яки дөресрәк әйткәндә — планетабызның Кояш тирәсендә — орбита буенча йөрүендә—теориядән читкә авышулар барлыгын белгәннәр. Айның теория буенча билгеләнгән юлыннан читкә чыгу почмагы кайбер чорда чирек минутка җитә[1]. Кояшның читкә чыгу почмагы 1 секундга җитә. Шушы рәвештә теориягә туры килмәүләрне барсын да тикшереп, анализ ясап карагач, түбәндәге гомуми нәтиҗәне китереп чыгарганнар: билгеле бер период эчендә бөтен хәрәкәтләр тизләнә торган булалар, аннан соң икенче бер период эчендә алар барсы берьюлы әкренәя торган булып китәләр. Билгеле инде, бу нәтиҗәне күргәч, ул хәрәкәтләрдә булган читкә авышуларның

[1] Минут — градусның 60 тан бер өлеше; почмак үлчәү берәмлеге итеп алына.

һәммәсенең дә сәбәбе — уртак бер сәбәп булырга тиеш, дигән фикергә киләбез.

Ул уртак сәбәп — безнең Җир хәрәкәтен тигез хәрәкәт үрнәге итеп алуыбыз ялгыш булуда, ягни безнең табигый сагәтебезнең „ялгышуында" түгелме икән?

Җир сагәтен икенче сагәт белән алмаштыру мәсьәләсе алга куелган. Бу мәсьәләне хәл кылганда „Җир сагәтен" вакытлыча файдаланмый торырга булганнар. Югарыда әйтелгән хәрәкәтләрне үлчәр өчен икенче төрле табигый сагәттән файдаланганнар. Ул икенче табигый сагәтне, яки Юпитернең берәр иярчене хәрәкәтенә, яки Ай хәрәкәтенә, яисә Меркурий хәрәкәтенә таянып алганнар. Икенче бер планета хәрәкәтенә нигезләнеп алынган сагәт буенча тикшереп карагач, югарыда әйтелгән хәрәкәтләрнең һәммәсендә дә ялгышуның нидән гыйбарәт икәне беленгән һәм ул ялгышларны төзәтергә мөмкин булган. Бу яңа сагәт белән исәпләгәндә безнең Җир хәрәкәте тигезсез хәрәкәт булып чыккан. Бер период буенча (берничә дистә ел буена) Җирнең әйләнү хәрәкәте бик аз гына әкренәя икән; аннан соң икенче периодда аның хәрәкәте аз гына тизләнә икән.

1897 нче елда тәүлек озынлыгы аннан соңгы еллардагыга караганда 0,0035 секунд артыграк булган, 1918 нче елда тәүлек озынлыгы, 1897 — 1918 нче еллар арасындагы тәүлек озынлыгыннан 0,0035 секунд кыскарак булган. Соңгы еллардагы тәүлек озынлыгы моннан 100 ел элеккегә караганда 0,002 секунд озынрак.

Шулай итеп, Җирнең кайбер башка хәрәкәтләренә чагыштырганда да, безнең планеталар системасындагы берәр планетаның хәрәкәтен тигез хәрәкәт дип хисаплап — шуның белән чагыштырганда да, Җирнең әйләнү хәрәкәте — тигезсез хәрәкәт, дип әйтә алабыз. Шушы әйтелгән тигезсез хәрәкәттән Җирнең әйләнү хәрәкәтенең читкә чыгуы бик аз: 1680 нче елдан 1780 нче елга кадәр, ягни 100 ел эчендә, Җирнең әйләнү хәрәкәте — әкренәя торган хәрәкәт булган; шуның нәтиҗәсендә тәүлек озынлыгы арткан һәм безнең планета вакты белән „башка планета вакты" арасында 30 секунд аерма килеп чыккан; шуннан соң унтугызынчы йөз урталарына кадәр тәүлекләр кыскара барган һәм әлеге аерма 10 секундга кимегән; XX нче йөз башына кадәр тагын 20 секунд кимегән. Егерменче йөзнең беренче чирегендә үк Җир тагын әкренәя торган хәрәкәт белән әйләнә башлаган һәм тәүлекләр

тагын озыная башлаганнар; шуның аркасында вакыт аермасы тагын 30 секунд чамасы җыелган.

Бу үзгәрүләрнең сәбәпләре төрле-төрле булырга мөмкин: ай тартулары, җир шары диаметрының үзгәрүе һәм башкалар. Бу өлкәдә киләчәктә бик әһәмиятле фәнни ачылулар булырга тиеш.

Айлар һәм еллар башы кайда башлана?

Москвада сәгать төнге 12 не сукты — беренче январь көне башланды. Москвадан көнбатыштарак 31 нче декабрь бетмәгән әле, ә көнчыгыштарак 1 нче январь әллә кайчан башланган инде. Ләкин, безнең Җиребез шарсыман булганга, аның өстендә көнчыгыш белән көнбатыш, әлбәттә, бер-берсе белән очрашырга тиешләр; шулай булгач, кайдадыр 1 нче числоны 31 нче числодан, январьне декабрьдән, иске елны яңа елдан аера торган берәр чик әлбәттә булырга тиеш.

Андый чик чынлап та бар һәм ул „айлар көне алмашыну сызыгы" дип атала. Ул сызык Беринг бугазы аркылы уза һәм бөгелә-бөгелә Тын океан сулары өсләп сузылып китә; аның төгәл юнәлеше халыкара килешү буенча билгеләнә.

Менә шул һич кешесез-нисез буш киң Тын океанны кисеп үтә торган сызыкта, әлбәттә, уй белән генә сызылган сызыкта Җир шарындагы числолар, айлар, еллар алышынып китәләр. Шул сызыкта безнең календарьның ишеге—бусагасы тора; яңа көннәр, яңа айлар безнең җиргә шул бусагадан килеп керәләр; яңа ел бишеге дә әнә шул бусага турысында тора. Башка урыннарның һәммәсеннән дә элек яңа көн, яңа ай, яңа ел шушы сызыкта башланып китә; анда туып, көнбатышка таба китә һәм бөтен Җир шарын әйләнеп чыгып, тагын үзенең туган урнына кайта. Шуның белән бөтен җир йөзендә яңа көн туган була һәм, туган җиренә кире кайтып, бетә.

Безнең Советлар Союзында яңа көн башка илләрнең һәммәсеннән дә иртәрәк башлана. Беринг бугазы суларында туган яңа көн (яңа число) Дежнев борны өстенә килеп керә. Шулай итеп, безнең Советлар Союзы яңа көннәр, яңа айлар, яңа еллар туа торган бишек булып тора.

Шулай итеп, җир йөзендә яңа көннәр иң беренче башлап туа торган сызык билгеләнгән. Электә андый сызык билгеләнмәгән булган һәм шуның аркасында шак-

тый буталчыклар килеп чыккан. Иң беренче тапкыр бөтен Җир шарын әйләнүче сәяхәтчеләр көннәрне хисаплауда буталганнар. Данлыклы диңгез сәяхәтчесе Магелланның Антоний Пегафет дигән юлдашы болай яза:

„19 нчы июльдә, чәршәмбе көн, без Зеленый мыс утравын күрдек һәм аның янына якорь салып туктадык... Үзебезнең кораб журналыбызны дөрес язып баруыбызны тикшерү өчен, ярга чыгучыларга, бүген нинди көн, дип сорарга куштык. Пәнҗешәмбе көн дип җавап бирделәр. Бу безне бик гаҗәпләндерде, чөнки безнең журнал буенча чәршәмбе көн генә иде. Һәммәбезнең дә бер көнгә ялгышуы мөмкин түгел төсле иде...

„Соңга таба без үзебезнең көн хисабында һич ялгышмаганыбызны белдек: һәр вакыт көнбатыш ягына таба йөзгәнлектән без Кояш артыннан бара идек һәм үзебезнең киткән пунктыбызга әйләнеп кайтканда, бер урында торучыга караганда 24 сәгать файда итәргә тиеш идек. Моңа төшенер өчен бераз уйларга гына кирәк“.

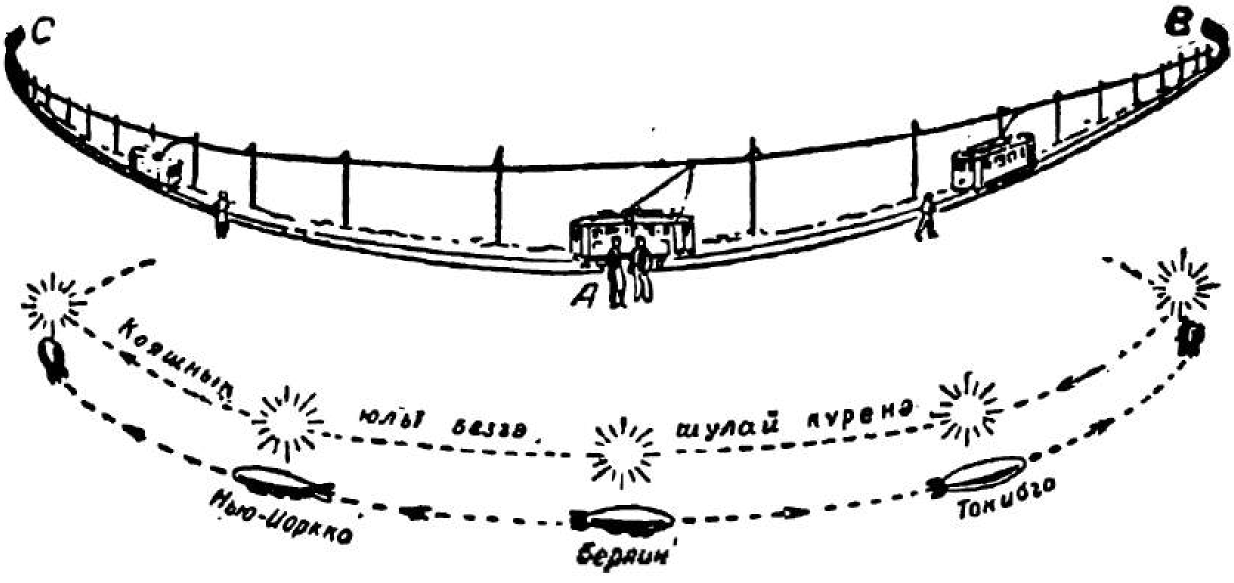
Хәзерге вакыттагы диңгез сәяхәтчеләре яңа көн сызыгын үтеп киткәндә нишлиләр соң? Әгәр алар көнчыгыштан көнбатышка таба барсалар, көн хисабын ялгыштырмау өчен, көннәр санын яңа көн сызыгын үткәндә бер көн аша сикертеп хисаплыйлар; көнбатыштан көнчыгышка таба үтеп киткәндә бер үк числоны ике тапкыр санныйлар: мәсәлән, 1 нче число узгач, икенче көнне дә 1 нче число дип алалар.

Магеллан заманында алай итеп хисаплый белмәгәннәр һәм шуңа күрә ялгышканнар да. 1929 нчы елда „Цеппелин“ дирижаблендә бөтен җир йөзен әйләнеп чыгучылар, Тын океан аша үткәндә бер үк көнне ике тапкыр хисаплап уздылар.

Дирижабль үзенең урнында тик кенә торган чагында Кояш, билгеле, 24 сәгаттән соң чыга. Бер вакыт дирижабль Берлиннән Токиога таба очып киткән, ягъни Кояшка каршы (көнчыгышка таба) бара башлаган. Шуңа күрә дирижабльдә баручылар өчен Кояш чыгу һәр 24 сәгать саен түгел, бәлки ешрак була башлаган; аннан Нью-Йоркка таба, көнбатышка, ягъни Кояшның көнлек хәрәкәте уңаена таба киткәндә, андагы юлчылар өчен Кояш чыгуы 24 сәгать саен түгел, бераз соңгарак кала башлаган, Кояш чыгуы сирәкләнгән. Бөтен җир йөзен әйләнеп чыкканда шушы алга китү һәм соңга калулардан тулы тәүлек җыела. Шуңа күрә, календарьда аерма булмасын өчен, көнчы-

гышка таба очып барганда 1 көнне ике тапкыр исәпләргә, көнбатышка таба барганда, киресенчә, бер көнгә сикертеп санарга кирәк.

Бу хисап бер караганда бик ансат аңлашылган шикелле булса да, аның ни өчен шулай икәнлеген төшенеп җитмәгән кешеләр әле дә бар.



7 нче рәсем. Календарь табышмагын чишү.

Бу мәсьәләне ачыграк итеп күз алдына китерү өчен 7 нче рәсемне тикшереп карыйк. Аның югарыгы өлешендә ике кеше трамвай туктый торган A ноктасында сөйләшеп торалар. Һәр 6 минут саен B ноктасыннан C ноктасына таба бер трамвай узып тора. Әгәр шул сөйләшеп тора торган ике кеше аерылып, берсе B, икенчесе C ноктасына таба китсәләр, ничек килеп чыгар? Аларның берсе трамвайга каршы таба бара һәм аңа трамвай белән 6 минут саен түгел, бәлки ешрак очрашырга туры килә. Икенчесе трамвай барган якка таба бара; шунлыктан, трамвайлар аның яныннан һәр 6 минут саен түгел, бераз кичегебрәк узып китәләр. Рәсемнең аскы өлешендә бөтен дөньяны әйләнеп чыккан дирижабльнең Кояш хәрәкәтенә карата булган юнәлеше күрсәтелгән.

II

Ай һәм аның хәрәкәтләре

Яңа аймы, иске аймы?

Күктәге тулы булмаган айга карап, аның бетеп килә торган аймы, яки яңа аймы икәнен дөрес әйтеп бирә алмаган кешеләр була. Яңа туган ай урагы бетеп бара торган ай урагыннан сыртының башка якка таба карап торуы белән генә аерыла. Җир шарының төньяк яртысында яшь айның кабарынкы ягы уңга таба, иске айныкы сул якка таба карап тора. Кайсы айның кая таба карап торуын ничек итеп истә тотарга һәм бер дә ялгышмыйча ничек әйтеп бирергә мөмкин? Аның өчен төрле юллар бар.

8 нче рәсем. Иске айны яңа айдан аеру өчен иң гади юл.

Иске айны яңа айдан аерып белү өчен французлар үзләренә бер юл, немецләр үзләренә бер юл, руслар үзләренә бер юл тапканнар. Ул юлларны мин монда язып тормыйм.

Минемчә иске аймы, яңа аймы икәнен белер өчен иң асат юл болай: күктә ураксыман айны күргәч, аның яңа аймы, иске аймы икәнен беләсегез килсә, шул уракның сул ягына „И“ хәрфен куеп карагыз. Билгеле инде, монда „И“ хәрфен язабыз, дип уйларга гына туры килә. Шуннан соң, әгәр „И“ хәрфенә айның урагын кушып укыганда „Ис“ килеп чыкса, ул „Иске“ дигән сүзнен баш иҗеге була; без моннан ул айның иске ай, ягни бетеп килә торган ай икәнен беләбез. Әгәр айның урагы „С“ рәвешендә булмаса, ягни „Ɔ“ рәвешендә булса, билгеле инде, аның алдыннан „И“ хәрфе куеп караганда

бер сүз дә килеп чыкмый; ул вакытта—без бу айны яңа ай дип беләбез[1].

Бу кагидә белән Җир шарының төньяк яртысында гына файдаланырга мөмкин. Төньяк ярты шарда экваторга якын киңлек сызыкларында аңардан файдаланып булмый. Кырымда һәм Закавказьедә тулы булмаган ай яны белән яткан хәлдәрәк күренә башлый. Тагын да көньяктарак ул бөтенләй яны белән ятып тора. Экваторда ай урагы, яки мөгезләрен югары таба каратып, яки аска таба каратып яткан килеш күренә.

Теләсә кай җирдә дә ай урагының яңамы, искеме икәнен белер өчен астрономнар әйткән билге белән файдаланабыз: яшь ай — кич белән күкнең көнбатыш ягында, иске ай — иртә белән көнчыгыш ягында күренә.

Янәшә планеталар[2]

Җир белән Ай — янәшә планеталар. Аларны янәшә планеталар дип атауның сәбәпләре: Ай массасын Җир массасы белән чагыштырып карасак, аның Җирдән күп калышмаганын күрәбез. Ә башка планеталарның иярченнәре аларның үзләренә чагыштырганда бик күп тапкыр кечкенәрәк. Безнең айның аркылысы (диаметры) Җир диаметрының чирегеннән зуррак. Башка планеталарның иң зур иярчененең дә аркылысы төп планетаның уннан бер өлеше кадәр генә (мәсәлән, Нептун иярчене булган Тритон). Ай массасы Җир массасының $^1/_{81}$ өлеше кадәр. Кояш тирәсендә әйләнүче планеталардан Юпитернең III нче иярчене башкалар арасында иң авыры булса да, аның массасы Юпитер массасының 10 000 нән бер өлеше кадәр генә.

Өченче сәбәп—Айның Җиргә бик якын торуы. Башка планеталарның иярченнәре алардан бик еракта торып әйләнәләр.

Ай Җиргә бик якын торганлыктан, аның Кояш тирәсендәге юлы Җир орбитасыннан бик аз аерыла. Ай Җирдән 400 мең километр чамасы ераклыкта тора. Ул Җирдән

[1] Перельман үзенең китабында „соңгы" һәм „беренче" дигән мәгънәдәге француз сүзләреннән, яки „үсә торган" һәм „карт" мәгнәсендәге рус сүзләреннән файдалану юлын күрсәтә. Ләкин мин татарлар өчен—бу юлны ансатрак дип таптым. Н. Р.

[2] „Двойная планета" мәгнәсендә алына.

шул кадәр ераклыкта торгач, ничек аның Кояш тирәсендәге юлы Җирнең Кояш тирәсендәге юлы белән туры килсен? дигән сорау килүе мөмкин. Бу мәсьәләне анлар өчен иң элек шуны искә алырга кирәк: Ай җир тирәсендә әйләнеп чыккан арада, Җир үзенең Кояш тирәсендә йөрү юлының 12 дән бер өлешен, ягни 80 миллион километрын узып өлгерә; әлбәттә, ул үзе белән Айны да ияртеп алып бара. Айның Җир тирәсендә әйләнеп чыгу юлы $2^1/_2$ миллион километр; шул юл аннан 30 тапкырдан да артыгракка сузылган дип күз алдына китерегез. Ул чакта аның түгәрәк формасы, бөтенләй диярлек, юкка чыга бит. Шуңа күрә дә Айның Кояш тирәсендәге юлы Җир орбитасы белән кушыла яза дип әйтерлек. Бары тик 12 ноктада ул аннан аз гына читкә чыга, 12 ноктада эчкәрәк керә; яки гадиләштереп әйткәндә, Айның Кояш тирәсендәге юлы 12 почмаклы, ләкин почмаклары аз гына түгәрәкләнгән фигурага охшый.

Кыскасы, Ай Җирдән 81 тапкыр гына кечкенә бер планета ул. Айның да Кояш тирәсендә йөрү юлы Җир орбитасына бик якын тора. Без Айның Кояш тирәсендәге йөрешен Җирдән торып күрә алмыйбыз, чөнки үзебез дә Җир белән бергә шул юлда булабыз.

Нигә Ай Кояш өстенә барып төшми?

Нигә Ай Кояш өстенә барып төшми? дип сорагач, күп кешеләргә мондый сорауның ялгыш булып тоелуы мөмкин. Андый кешеләр „Айның Кояшка барып төшмәве гаҗәп түгел, Җиргә килеп төшмәве гаҗәп, чөнки Ай Җиргә якынрак тора; шулай булгач, Җир аны Кояшка караганда көчлерәк тарта“, диюләре мөмкин.

Шулай дип уйлаучылар ялгышалар, чөнки асылда эш бөтенләй моның киресенчә. Айны Җиргә караганда Кояш көчлерәк тарта.

Моның, чынлап та, шулай икәнен бик ансат исәпләп белергә мөмкин. Кояшның Айны тарту көче белән Җирнең Айны тарту көчен чагыштырып карыйк. Кояш белән Җирнең тарту көчләренең зурлыгы ике төрле сәбәпкә: бердән — аларның массаларына, икенчедән — Айдан ераклыкларына бәйләнгән. Кояш массасы Җир массасына караганда 330 000 тапкыр артыграк; шулай булгач, бу яктан тикшергәндә, Кояшның тарту көче 330 000 тапкыр артык булып чыга. Ләкин Айдан Кояшның ераклыгы Җирнең

Айдан ераклыгына караганда 400 тапкыр артыграк. Тарту көче ераклыкның квадраты тапкыр кими. Шуңа күрә Кояшның тарту көче 400^2, ягни 160 000 тапкыр кимергә тиеш. Димәк, Кояшның тарту көче Җирнең тарту көченә караганда ничә тапкыр артык икәнен белер өчен 330 000 не 160 000 гә бүләбез;

$$\frac{330\,000}{160\,000} \approx 2 \text{ тапкыр була.}$$

Шулай итеп, Кояшның Айны тарту көче Җирнең Айны тарту көченә караганда 2 тапкыр артыграк икән. Алай булгач, Ай Кояш өстенә ни өчен барып төшми соң? Ай Җир тирәсендә ни өчен һаман әйләнеп йөри, аны Кояш ник үзенә тартып алмый соң?

Җир үзе Кояш өстенә ни өчен төшмәсә, Ай да шул ук сәбәп аркасында Кояшка барып төшми.

Физикада шундый закон бар: хәрәкәтләнә торган әйбер һәр вакыт туры сызык буенча, тигез хәрәкәт итәргә тырыша. Җир белән Ай да хәрәкәт итәләр, ләкин алар туры сызык буенча түгел, кәкре сызык буенча, ягни түгәрәк сызык буенча хәрәкәт итәләр, чөнки алар Кояш тирәсендә әйләнеп йөриләр. Аларны әйләнеп йөрергә мәҗбүр иткән нәрсә — Кояшның тарту көче. Әгәр Кояш үзенә таба тартып тормаса, алар туры сызык буенча хәрәкәт итәрләр иде. Шулай итеп, Кояшның тарту көче Җир белән Айны әйләндереп йөртүгә тотыла, шул сәбәпле Җир дә, Ай да Кояшка барып төшмиләр.

Шулай да, монда тагын бер сорау кала: Кояш Айны Җирдән артыграк көч белән тарта бит; шулай булгач, Айны Җирдән нигә тартып алмый соң? Җир Айны Кояштан азрак көч белән тарткач, Ай Җир тирәсендә нилектән әйләнә соң?

Әгәр Кояш Айның үзен генә тартса, ул чакта Ай Җир тирәсендә тора алмас иде. Ләкин Кояш бер үк вакытта Җирне дә тарта Җир белән Ай икесе бер бөтен нәрсә шикелле буларак Кояшка тартылалар, яки фән теле белән әйтсәк, Җир белән айның уртак авырлык үзәкләре тартыла һәм шул авырлык үзәге Кояш тирәсендә әйләнә.

Айда ни өчен атмосфера юк?

Айда ни өчен атмосфера юк? дигән сорауга җавап бирү өчен, иң әлек ни өчен Җир өстендә атмосфера бар? дигән сорауга җавап биреп китәргә кирәк.

Ай үз өстендә ни өчен атмосфераны тотып тора алмый, ә безнең Җир нәрсә аркасында аны тотып тора ала?

Башка газлар шикелле, һава да бер-берсенә бәйләнмәгән—аерым-аерым малекулалардан тора һәм ул молекулалар тәртипсез рәвештә бик зур тизлек белән, төрлесе төрле якка хәрәкәт итәләр. Температура 0° булганда аларның уртача хәрәкәт тизлекләре—секундга ярты километр чамасы була; икенче төрле әйткәндә, мылтык пулясе тизлеге белән бер. Ул молекулалар бөтен дөнья бушлыгына ни сәбәпле атылып-чәчелеп бетмиләр соң? Мылтык пулясе дөнья пространствосына ни сәбәпле китеп бармаса, һава молекулалары да шул ук сәбәп аркасында Җирдән еракка китмиләр. Үзләренең хәрәкәт энергияләрен Җирнең тарту көче белән көрәшүгә тотып бетергәч — аргач, яңадан Җиргә төшәләр. Җир өстенә якын урыннан туптуры күккә таба, секундга ярты километр тизлек белән күтәрелеп баручы бер молекуланы күз алдына китерегез. Ул молекула нинди биеклеккә менә алыр? Моны исәпләп чыгару читен түгел. Күтәрелү биеклеге (h), тизлек (v), Җирнең тарту көче аркасында туган тизләнеш (g) үзара шушы формула буенча бәйләнгәннәр:

$$V^2 = 2\ gh.$$

„V“ урнына аның кыйммәте — 500 *м/сек* ны, „g“ урнына—10 *м/сек²* ны куйсак,

$$250\,000 = 20\ h \text{ килеп чыга.}$$

Моннан „h“ ны табабыз:

$$h = 12\,500\ \textit{м} = 12{,}5\ \textit{км}.$$

Әгәр һава молекулалары бары тик 12 ярым километрга гына күтәрелә ала торган булса, аннан да югарырак һава молекулалары кайдан килгәннәр соң? Безнең атмосфера һавасының составына кергән кислород газы җир өстенә бик якын урыннарда гына хасыйл булып тора бит (аларның бер өлеше үсемлекләрнең эшлеклелекләре аркасында углерод (2) оксиды газыннан, иң күп өлеше — янгыр тамчылары белән килгән водород (2) оксидыннан хасыйл булган). Нинди көч аларны 500 километр, хәтта аннан да артыграк биеклеккә күтәргән һәм аларны шул биеклектә нинди көч тотып тора ала? 500 километрдан да биегрәк урыннарда да, гәрчә, бик сирәк булса да, һава барлыгын

без беләбез бит. Әгәр берәр статистиктан: „Кеше гомеренең уртача озынлыгы 40 ел булса, кайбер кешеләр 80 яшькә кадәр ничек яши алалар соң?“ дип, сораганда, статистик ничек дип җавап бирсә, югарыдагы сорауга физика да шундыйрак җавапны бирә. Молекулаларның уртача тизлеге секундга 500 метр булса да, кайбер молекулалар аннан әкренрәк, кайберләре аннан тизрәк хәрәкәт итә алалар. Дөрес, уртача тизлектән артыграк яки кимрәк йөрүче молекулаларның процентлары артык күп түгел түгелен, шулай да алар бар. Мәсәлән, 0° тагы бер кубик метр кислородны алсак, андагы молекулаларның 20% ы гына—секундга 400—500 метр тизлек белән, тагын шул кадәр үк проценты — секундга 300—400 метр тизлек белән, 17% ы—секундга 200—300 метр тизлек белән, 9% ы—секундга 600—700 метр, 8% ы—секундга 700—800 метр, 1% ы—секундга 1300—1400 метр, бик аз гына өлеше (миллионнан берсе) секундга 3500 метр тизлек белән хәрәкәт итә. Соңгы тизлек аркасында андый молекулалар 600 километрга кадәр күтәрелеп житә алалар.

Зур тизлек белән хәрәкәт итүче молекулалар йөзләрчә километр биеклеккә күтәрелә алсалар да, Җирдән бөтенләйгә аерылып китә алмыйлар. Чөнки Җирнең тарту көчен тәмам җиңеп, аннан бөтенләйгә аерылып китү өчен секундга 11 километр тизлек белән хәрәкәт итәргә кирәк. Температура югары булмаганда, андый зур тизлек белән хәрәкәт итүче молекулалар бөтенләй юк дияргә була. Шуның аркасында, Җир үзенең һава катлавын бик нык тотып тора ала.

Хәзер инде Ай өстендә һава ни өчен юклыкны аңлату читен түгел. Айның тарту көче Җирнең тарту көченнән 6 тапкыр кимрәк. Шуңа күрә аның тарту көчен җиңү өчен кирәк булган тизлек 2360 *м/сек* гына. Уртача температурада кислород һәм азот молекулаларының тизлеге моннан артыграк та булырга мөмкин; шуңа күрә, Айның берәр вакытны атмосферасы булган булса да, ул үзенең атмосферасын әкренләп югалтып бетерергә тиеш. Тизрәк хәрәкәт итә торган молекулалар очып беткәннән соң, башкалары да шундый критик тизлеккә ирешергә мөмкин. Шуның аркасында, кечкенә планетаның һавасы бөтенләе белән дөнья пространствосына таралып бетәргә тиеш.

Ай дөньясының зурлыгы

Айның диаметры 3500 километр. Моннан аның өске йөззурлыгын һәм күләмен хисаплап чыгарырга мөмкин. Ләкин коры саннарга гына карап, Ай дөньясының зурлыгын күз алдына китерү читен. Шуңа күрә аны Җир дөньясы белән чагыштырып карыйк.

Ай өсте тоташ материктан гыйбарәт. Айның өске йөзе Җирнекеннән 14 тапкыр кимрәк. Төньяк һәм көньяк Америка белән чагыштырганда Айның өсте аларның икесеннән бик аз гына кечкенәрәк. Айның безнең Җиргә таба карап торган һәм безгә күзәтергә мөмкин булган өстенең зурлыгы Төньяк Америка йөззурлыгына тигез дияргә була.

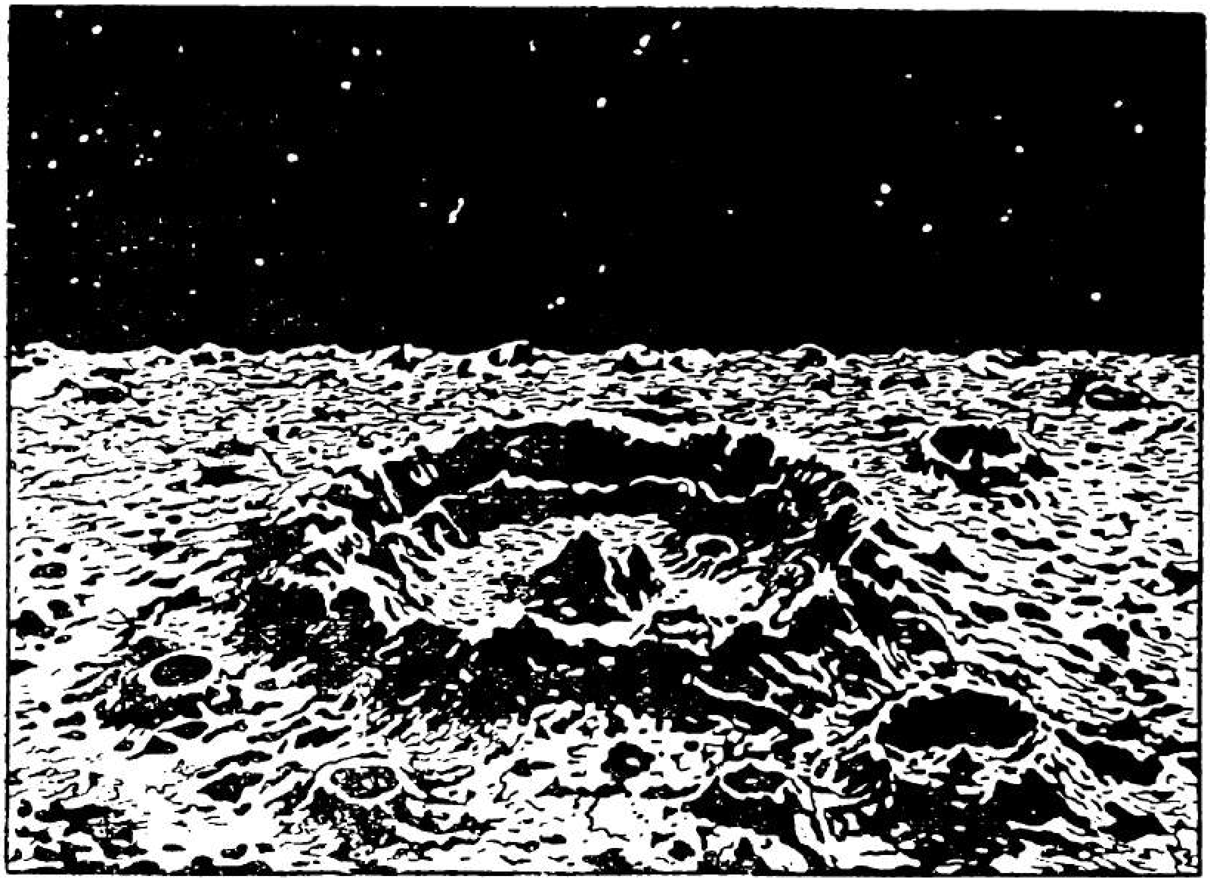
Ай өстендә күренә торган бөҗрасыман түгәрәк таулар безнең Җирдә бөтенләй юк. Айның түгәрәк бөҗра таулары бик киң. Мәсәлән, Гримальди исме бирелгән түгәрәк вал рәвешендәге тау безнең Байкал күленнән дә киңрәк мәйданны алып тора; ул тау уртасына Бельгия яки Швейцария шикелле бер ил кереп урнаша ала.

Ай өсте пейзажлары

Китапларда Айның фотографик рәсмен еш күрергә туры килә. Ул рәсемнәрдә „цирк мәйданы“ сыман бөҗраланып торган үзенә-бер-төрле тауларны күрәсез. Бәлки, сезнең телескоп аша Айның үзен дә караганыгыз бардыр. Ләкин, Айның фотографик рәсменә карап та, телескоп аша карап та, Ай өстенең ни формада икәнен, Айның үзендә торып күзәткән шикелле күз алдына китереп булмый. Билгеле, 400 мең километр биеклектә торып, өстән карау белән, якыннан торып яннан карау бер булмый инде. Алар арасындагы аерманың ничек булуын күз алдына китерү өчен берничә мисал күрсәтәбез. Мәсәлән, Җирдән торып караганда Айдагы Эратосфен тавы бөҗрасыман түгәрәк вал шикелле булып күренә һәм аның уртасында очлы түбә бар. Ай өстендә һава булмаганлыктан, күләгә бездәге шикелле якты белән аралаш — соргылт төстә булып күренми, бәлки бик кискен кара булып күренә. Шуңа күрә Эратосфен тавын телескоптан караганда аның калкулыгы бик ачык беленеп тора. Әгәр шул тауны бер ягыннан торып карасаң, аның 60 километрга җәелгән киңлеге белән чагыштырганда валының да һәм уртадагы очлы

түбәсенең дә биеклеге бик кечкенә булып кала. Тауның итәкләре сөзәк булу аларның биеклеген тагы да кечерәйтеп күрсәтә.

Хәзер сез үзегезне шул чиксез зур цирк мәйданы шикелле түгәрәк валдан гыйбарәт тауның уртасында йөри торган бер кеше итеп күз алдына китерегез. Ул чакта аның боҗрасыман икәнен һич тә сизә алмассыз. Чөнки Ай өстендә тигез җирдә торганда да 2,5 километрдан артык ераклыкны күрә алмыйсыз. Җир өстендә тигез урыннарда 5 километрга кадәр күреп була. Ни өчен алай дисәгез, аның сәбәбе шул: Ай Җиргә караганда кечкенәрәк шар



9 нчы рәсем. Ай өстендәге боҗрасыман түгәрәк таулар.

булганга, Ай йөзенең кәкрелеге күбрәк. Димәк, анда әйләнә горизонт сызыгы, ягни „күк итәге" бик якын булып күренә.

Зур түгәрәк вал шикелле Ай тауларын, Җир өстеннән торып, телескоп аша караучылар „ай циргы" дип атасалар да, ул тауның уртасында йөргән кеше бер дә алай әйтә алмас иде. Әгәр үзегез анда булып, аның эчендә бер яктан бер якка йөреп карасагыз, 10 нчы рәсемдәге картина күз алдыгызга килеп басар иде. Күрәсез, анда һич

үләнсез-нисез зур ялан икән, ә аның тирә-ягында түбәләр тезелеп киткән.

Әгәр валны үтеп, цирк тавының тышына чыксагыз, анда бөтенләй көтелмәгән нәрсә күрерсез: тауның тышкы як бите бик сөзәк булганга, ул бөтенләй тауга да ошамаган булыр.

10 нчы рәсем. Ай өстендә зур боҗрасыман тау уртасында булган кеше шушы картинаны күрер иде.

Ай өстендә зур таулар гына түгел, вак таулар да бик күп. Ләкин, яннарына барып карауны кеше аларның бик тәбәнәк булуын күреп, исе китәр иде.

Ай өстендә күләгәләр үтә кара төстә, аерым-ачык булып күренәләр. Шуңа күрә, без андагы аз гына калкуны да телескоп аша күрә алабыз. Кояш нурлары яннан төшкән чакта Ай өстендәге калку әйбернең күләгәсе ул әйбер биеклегеннән 20 тапкыр озын булып күренә. Менә шул күләгә аркасында астрономнар Ай өстендәге 30 гына метрга кадәр биеклектәге әйберләрне дә билгели алганнар. Ләкин шул ук сәбәп аркасында Ай өстендәге кечкенә генә тау да телескоп аша бик зур кебек күренә. Мәсәлән, Пико исме бирелгән бер тау, телескоптан караганда, түгәрәк конуссыман бик мәһабәт очлы тау булып күренә. Әгәр аны Айның үз өстенә менеп карасагыз, бик сөзәк битле калкулык кына булып калганын күрер идегез. (11 нче рәсем).

ıйдагы таулар безгә зур төсле булып күренсәләр дә, эстенең башка яклары безгә телескоп аша тиешенчә ;нмиләр. Мәсәлән, телескоп аша карaганда Ай өстендә ;нер-беленмәс кенә ярыклар күрәбез; алар бик кечке-

11 нче рәсем. Айның үзендә булган кешегә Пико тавы шулай сөзәк булып күренер иде.

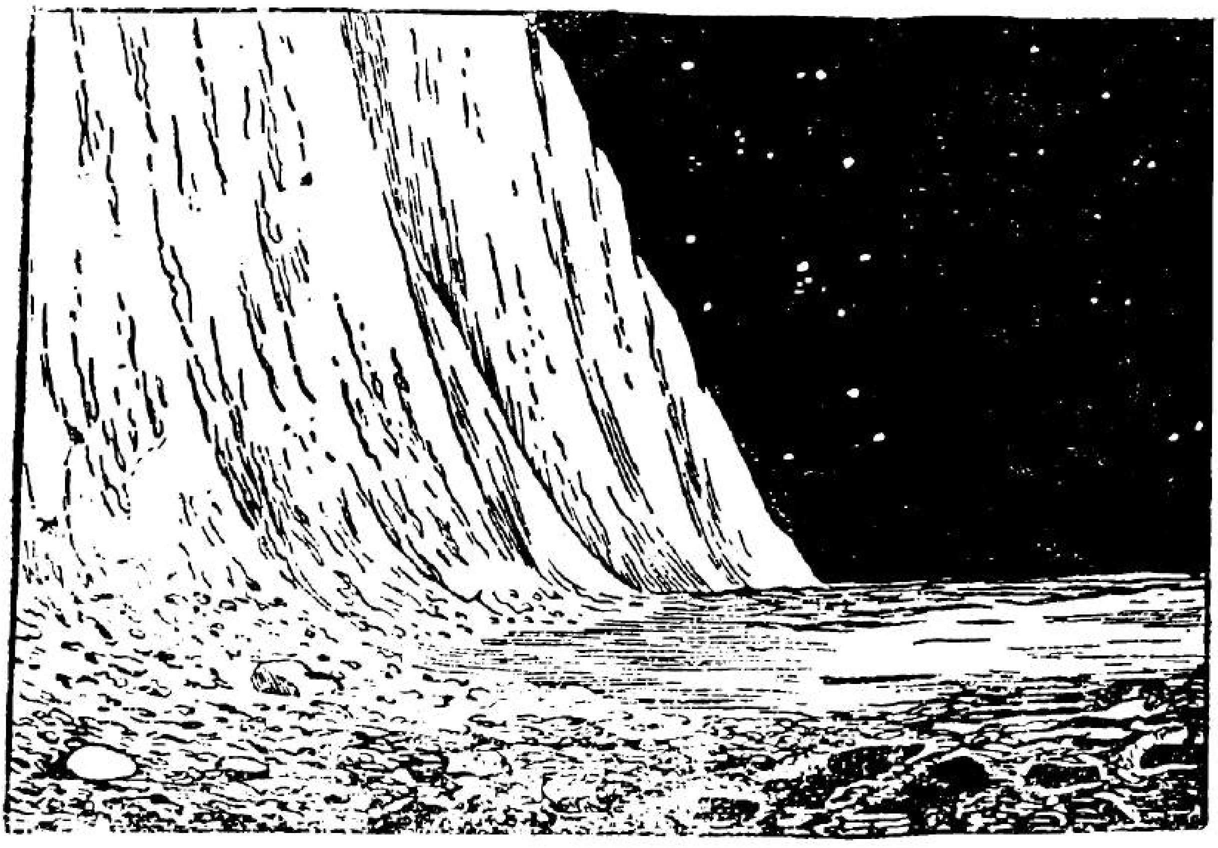
дер, Ай пейзажында зур роль уйнамый торгандыр икелле сизелә. Ләкин, Айга менеп, үзегез шул „ярык" ıына барып карасагыз, үзе төпсез тирән, үзе чиксез ıын яр күреп исегез китәр иде (12 нче рәсем).

12 нче рәсем. Ай өстендәге „ярык"ны якын барып карасагыз, шундый төпсез-тирән яр күрер идегез.

Тагын бер мисал: Ай өстендә „Туры стена" дип атал

13 нче рәсем. Телескоп аша Ай өстендә күренгән „Туры стена".

һәм Айның бер тигезле икегә бүлә торган т сырт күренә. Телеск аша күренгән Ай кар сында бу сырт бөтенл кечкенә бер кара сыз булып кына күренә. Л кин шул текә стенан янына барып карасаг аның 300 *м* биеклект искиткеч зур стена и нен күрер идегез (13 н рәсем). 14 нче рәсем художник шул стенан бер өлешен күз алдына к тергә. Ул тауның очы б тенләй күренми, чөнки 100 километрга сузылга


14 нче рәсем. Ай өстендәге „Туры стена" дигән тау якыннан караганда шулай күренер иде.

Кыскасы, телескоптан карап кына Ай өстендәге та ларны, тирән ярларны, казылма һәм иңкүлекләрне дөр итеп күз алдына китерү читен.

Айда күк ничек күренә?

Әгәр безнең Җир кешесе Айга барып төшсә, барыннан да элек, андагы гадәттән тыш өч күренеш аны хәйран калдырыр иде.

Аз гына вакытка үзегезне Ай өстендә дип уйлагыз. Күккә карагыз; анда сез ачык зәңгәр-су төстәге күк гөмбәзен күрмәссез. Анда сез балкып торган Кояш белән бергә әллә никадәр йолдызлар сибелгән кара күкне күрерсез. Җир күгендә көндез сез йолдызларны күрә алмыйсыз, ә Айда көндез дә кара күктә Кояшны да һәм чиксез күп йолдызларны да күрер идегез. Айда һава булмаганга, ул шулай күренә.

Безнең җир өстендә һава катлавы булу сәбәпле, табигатнең иң матур күренешләре барлыкка килә. Сызылып таң атуны карагыз! Тукай сүзләре белән әйтсәк,

„Галибана яктырып әкрен генә ал таң ата;
моңланып, хәсрәтләнеп ялкау гына ак ай бата.
Бер-бер артлы юк булып күкләрдә йолдызлар сүнә;
Таң җиле куйды исеп, яфраклар аз-аз селкенә..."

Көнчыгыштан әле Кояшның кырые гына да күренми, ә инде бөтен күк алсу-зәңгәр нурга чумган була. Күлләр, елгалар, диңгезләр энҗедән коелган кебек ялтырап яталар. Аллы-гөлле чәчәкләр белән бизәлгән болын җәйге таң нуры белән тагын да матурланган, купшыланган шикелле күренә; горизонт артыннан Кояшның нур сөңгеләре күбрәк чыккан саен, таң яктысы көчәйгән саен, ул чәчәкләр әле бер, әле икенче төскә керә баралар. Кояш чыккан чактагы алтынга манылган зәңгәр күк йөзенә караган саен карыйсы гына килеп тора.

Җир өстендә һава катлавы булмаса, бу матур күренешләрнең берсе дә булмас иде. Күңелләрне рәхәтләндерә торган күгелҗем төстәге күк гөмбәзе урнында чиксез еракка сузылган караңгы пространство җәелеп ятыр иде. Ал нурларын чәчеп әкрен генә Кояш чыгу, яки үзе батканнан соң да Кояшның дөньяны нурга чумдырып торуы урнына көн белән төн кинәт кенә алмашынып торырлар иде. Бөтен дөньяны йомшак кына иркәли торган таң яктысы, яки шәфак яктысы булмас, бәлки кинәт кенә кара төн яки якты көн башланыр иде. Аннан соң көндезен — йомшак яктылык урнына күзләрне чагылдыргыч көчле яктылык булыр иде. Кояш туры караган җирләрдә шундый күз сукырайтырлык якты булса, Кояш кырын карый торган җирләрдә куе күләгә хөкем сөрер иде.

Атмосфера аз гына сирәкләнсә дә, күк йөзе шактый караңгы төскә керер иде. Совет стратостаты „Осоавиахим“ белән 21 километр биеклеккә күтәрелеп, кызганычлы рәвештә һәләк булган геройлар үзләре өстендә бөтенләй диярлек кара күк күргәннәр.

Ай өстендә дә күк әнә шундый кара. Анда таң һәм шәфак яктылары юк. Аның кайбер урыннарында үткен яктылык, ә кайбер җирләрендә куе күләгәлек.

Айдан караганда Җир ничек күренә?

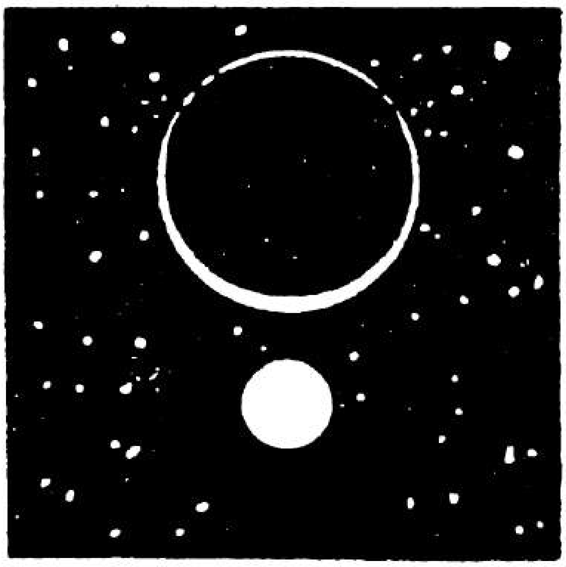
Ай өстендә искиткеч күренешләрнең берсе — күктә нур чәчеп тора торган Җир шары. Әгәр Айга менәргә билгеләнгән махсус очкыч аппаратка утырып, Айга таба күтәрелеп китсәгез, әлбәттә, Җирнең түбән калганын күрер идегез; сез югары күтәрелгән саен, Җир түбәндәрәк кала барыр һәм аның өстендәге әйберләр берсе артлы берсе күзгә күренмәс була барырлар иде. Шулай күтәрелә торгач, ярты юлны узып, Айга якынлаша башласагыз, һичбер көтелмәгән үзгәреш сезне аптырашта калдырыр иде. Әлегә кадәр түбән күренә торган Җир өстә, ә сез бара торган Ай түбәндә күренер иде. Башта бу күренешкә шикләнеп карасагыз да, Айга барып төшкәч, Ай күгендә ялтырап торган Җирне күреп, моңарга ышаныр идегез. Ни өчен алай диясез, „түбәндә“, „өстә“ дигән сүзләр чагыштырылма мәгнәдәге сүзләр генә бит алар. Җир өстендәге кешеләрнең „түбән таба“ дигән сүзеннән „Җирнең үзәгенә таба“ дип аңларга кирәк. Ай өстендә яки башка бер планета өстендә түбән таба дип, шул планетаның үзәгенә таба булган юнәлеш алына.

Бөтен күк дөньясы өчен уртак булган „түбән“ һәм „югары“ юк; һәркайсы планетаның үзенең „югары“ һәм „түбән“ дип йөртелә торган юнәлешләре бар. Шуңа күрә Җирдән очып киткәндә түбән калган Җирне, Ай өстенә менгәч югарыда итеп күрү искитәрлек хәл түгел.

Ай күгендә күренә торган Җир түгәрәгенең диаметры Җирдән караганда күренә торган Ай түгәрәге диаметрыннан дүрт тапкыр озынрак. Түгәрәкләнеп тулган Айлы матур төндә кырлар, яланнар нинди якты булып күренәләр! Әгәр сез Ай өстендә булсагыз һәм „түгәрәкләнеп тулган“ Җир яктырткан чакта Ай өстендәге кырларны карасагыз, андагы яктылыкка хәйран калыр идегез. Чөнки бердән, Җирнең диаметры зуррак, икенчедән, Җир өстенең үзенә төшкән

нурларны кире кайтара алучылыгы Айныкыннан 6 тапкыр артыграк. Менә шул ике сәбәп аркасында „тулган җирнең“ Ай өстен яктыртуы „тулган айның“ Җир өстен яктыртуына караганда 90 тапкыр артыграк. Шуңа күрә Ай төннәре безнең төннәргә караганда 90 тапкыр яктырак булалар. Әнә шуның аркасында без Айның Кояш яктыртмаган өлешен дә, ягни төн булырга тиешле урыннарын да 400 мең километр ераклыктан күрә алабыз; Айның ул урыннары безгә соргылт төстәрәк булып күренә.

Айдан караган кеше Җир өстендәге материклар һәм океанннарны аерып күрә аламы? Бу турыда ялгыш уй таралган. Күп художниклар һәм фантастик роман язучылар Айдан караганда Җир мәктәп глобусы шикелле күренә дип уйлыйлар. Бу уй дөрес түгел. Читтән караганда җир өстендәге диңгезләр һәм материкларны аерым күреп булмый. Чөнки аның өстендәге һава катлавы аңа төшкән бөтен нурларны чәчеп җибәрә. Венера планетасы никадәр якты булып күренсә, Җир дә шулай ук якты булып күренә.



15 нче рәсем. Ай күгендә „яңа туган“ Җир. Аның астындагы ак түгәрәк — Кояш; тирә-ягында йолдызлар.

Шулай итеп, Ай өстендәге аерым урыннарны күрә алсак та, Айдагы кеше Җирдәге аерым урыннарны бер дә күрә алмаячак. Җир атмосферасы аларны пәрдәләп тора.

Без Җир өстендә Айның бер яктан калкып чыкканын һәм, күк йөзендәге түгәрәк юл буенча йөзеп барып, күздән югалганын (батканын) күреп торабыз. Ләкин Айда исә Ай өстен яктыртучы Җирнең бер яктан калкып, икенче якка батканын күрергә мөмкин түгел. Чөнки Ай күгендә Җир бер якка да китмичә бер генә урында торган кебек күренә. Аның сәбәбе шул: Җир тирәсендә әйләнгәндә Ай һәр вакыт бер генә ягы белән Җиргә таба карап әйләнә; Айның икенче якларын безнең һич күргәнебез юк. Шулай булгач, Җир Айның һәр вакыт бер ноктасы өстендә генә торырга тиеш.

Айдан караганда Җир тик кенә торган кебек күренсә дә,

йолдызлар әкрен генә хәрәкәт итәләр; Кояш та хәрәкәт итә.

Кояш Ай күгендә $29^1/_2$ тәүлектә бер әйләнеп чыга.

Безгә Ай һәр вакыт тулы булып күренмәгән шикелле, Ай өстендәге кешегә Җир дә һәр вакыт тулы булып күренми. Җирнең яңа туган чагы була; аннан соң ул әкренләп үсә бара. Без яңа туган Айны күргән чакта Айдагы кеше „тулган Җирне“ күрергә тиеш. Без тулган Айны күргән чакта Айдагы кеше „яңа туган Җирне“ күрергә тиеш (15 нче рәсем). „Яңа туган Җир урагы“ алай ук ачык кырыйлы булып күренми, чөнки Җир өстендәге атмосфера катлавы аның кырыйларын беркадәр томанландырып күрсәтә.

Айда Кояш һәм Җир тотылулар

Ай күге турындагы картинаны тулыландыру өчен андагы яктырткычларның тотылуларын да күз алдына китерергә кирәк. Айда ике төрле тотылуны күзәтергә мөмкин, аларның берсе — кояш тотылу, икенчесе — җир тотылу. Айдагы кояш тотылу бездәге шикелле булмый. Иң элек шуны искә алырга кирәк: бездә ай тотылу күренгәндә, айда кояш тотылу күренә. Чөнки Ай белән Кояш арасында — аларның үзәкләрен тоташтырган сызыкка Җир килеп кергән чакта ай тотылу барлыкка килә. Дөресрәк итеп әйткәндә, Ай өстенә Җирнең күләгәсе төшә, чөнки Җир Айга килә торган Кояш нурларының юлында тора. Ул чакта Җир Кояшны каплап торганлыктан, Айдагы кешегә кояш тотылуы күренә.

Ай тотылган чакта аңа карасагыз, аның яктылыгы бөтенләй бетмәгәнен, ак яктылык урнына чия төсле аралаш кызыл яктылык булганын күрерсез. Менә шул моментта үзегез Ай өстендә булып, аннан Җирне карасагыз, Айның ни өчен кызыл яктылык белән яктыру сәбәбен бик тиз аңлар идегез. Ай өстеннән караганда якты Кояшны каплап тора торган Җир шары куе кызыл төстәге якты кама белән урап алынган түгәрәк кара тәлинкә шикелле күренә, чөнки җир шары үзе кояш нурларын каплый алса да, аның өстендәге атмосфера катлавы аркылы кояш нурлары үтеп чыгалар. Менә шул кан төсле кызыл нурлар җир күләгәсендә торган Айга төшеп, аны куе кызыл төс белән яктырталар.

Айда кояш тотылу, Җирдәге шикелле берничә минут

кына булмый, 4 сагаттән артыгракка сузыла, чөнки бездә ай тотылуы да шулай ук озакка сузыла бит.

Ай өстеннән күренә торган „җир тотылулар“ бик аз вакытка гына булып алалар. Бу күренешләр Җирдә кояш тотылу булган чакларда булалар. Айда күзәтеп торучылар булса, алар күктә зур булып күренә торган Җир түгәрәге өстендә кечкенә генә кара түгәрәк күчеп барганын күрерләр иде. Ә шул чакта Җирнең шул кара таплы урнындагы кешеләр кояш тотылуын күрәләр.

Монда шуны искә алып китәргә кирәк: безнең планеталар системасында һичбер урында да бездәге шикелле кояш тотылуларны күзәтергә мөмкин түгел. Безнең Җир шарында һәм Айда гына кояш тотылуын күзәтеп була. Аның сәбәбе менә нәрсәдә: Айның диаметры Кояш диаметрыннан ничә тапкыр кечкенә булса, Җир белән Ай арасы да Җир белән Кояш арасына караганда шул кадәр азрак. Мондый хәл башка планеталарның һичберсендә дә юк.

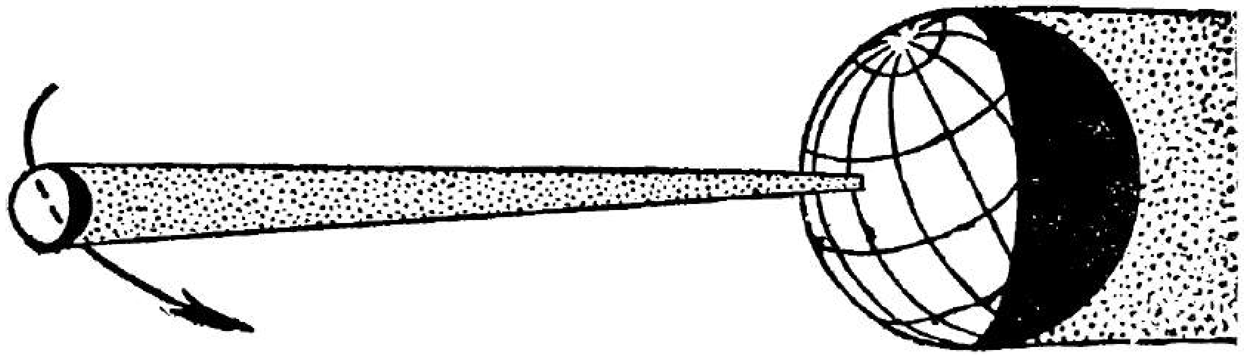
Астрономнар Кояш тотылуларны ни өчен күзәтәләр?

Айның диаметры Кояш диаметрыннан ничә тапкыр кечкенә булса, Җир белән Ай арасы да Җир белән Кояш арасына караганда шул кадәр азрак. Менә шуның аркасында Айның күләгәсе Җир өстенә кадәр килеп җитә ала. Ай күләгәсе конусының уртача озынлыгы Айның Җирдән уртача ераклыгыннан кыскарак; шуңа күрә, әгәр һәр вакыт шул уртача озынлыклар гына булып торса, тулы рәвештә кояш тотылу һичбер вакытта да булмас иде. Тулы рәвештә кояш тотылулар Ай Җир тирәсендә әйләнә торган юлның түгәрәк булмыйча, эллипс рәвешендә булуыннан килә. Җир тирәсендә эллипс сызыгы буенча әйләнгән чакта үзенең әйләнү юлының бер өлешендә Ай Җиргә 50 000 *км* якынрак килә. Җир белән Ай арасы 356 000 километрдан 407 000 километрга кадәр була.

Ай күләгәсенең очы җир өстеннән полоса булып узып китә. Шул полосада булган кешеләр генә кояш тотылуын күрә алалар. Ул полоса :00 километрдан да киң булмый, шуңа күрә кояш тотылуын бик аз кешеләр генә күреп кала алалар. Аннан соң кояш тотылу иң күп булса, бары 8 минутка гына сузыла. Менә шуңа күрә дә, кояш тотылу — бик сирәк була торган күренешләрнең берсе, дияргә туры килә. Тулы кояш тотылу Җирнең әле бер,

әле икенче пунктында күренә; бер урында бер тапкыр күренгәннән соң, ул урында икенче тапкыр 2—3 йөз ел узгач кына күренә. Мәсәлән, Лондонда алты йөз ел эчендә (1140 нчы елдан 1715 нче елгача) тулы кояш тотылу бер тапкыр да булмаган.

Шуңа күрә галимнәр, кояш тотылу кайда булса, шул урынга кояш тотылуны күзәтү өчен махсус экспедицияләр оештырып баралар. 1936 нчы елның 19 нчы июнендә



16 нчы рәсем.
Ай күләгәсе конусының очы Җир өстеннән узып китә. Ул узып киткән урыннарда Кояш тотылуны күзәтеп була.

тулы кояш тотылуны безнең Советлар Союзында гына күзәтергә мөмкин иде. Шул кояш тотылуны 2 минут күзәтү өчен 70 илнең галимнәре безгә килде. Советлар Союзы, ул вакыттагы тулы кояш тотылу полосасында утызлап экспедиция оештырды.

Ай тотылу кояш тотылуга караганда бер ярым тапкыр сирәгрәк булса да, аны ешрак күзәтергә мөмкин. Бу астрономия парадоксын аңлау бик ансат. Иң элек шуны искә алыйк: ай тотылу белән кояш тотылу арасында бик зур аерма бар. Ай да, Кояш та тотылган чакларында караңгыланалар. Ләкин кояш тотылганда Кояш яктылыгы ф и з и к я к т а н бетми, ягни ул үзенең нурларын тирә-якка элеккечә чәчә бирә, ләкин Җиргә килә торган нурлар юлына Ай килеп кергәнгә генә без Кояшны караңгыланган шикелле итеп күрәбез. Димәк, монда Кояш бер дә караңгыланмый, тик Ай белән капланып кына тора.

Инде ай тотылуга килик. Тотылган чакта Ай, чынлап та, я к т ы л ы к бөтенләй т а р а т м ы й. Чөнки Ай бөтенләе белән Җир күләгәсе эчендә кала һәм Кояш нурлары аның өстенә бөтенләй диярлек төшмиләр. Ай үзе яктылык чыгара торган шар түгел, ул үзе өстенә төшкән Кояш яктылыгын чагылдыруы аркасында гына якты булып күренә.

Аннан соң,—кояш тотылу безнең планетаның билгеле бер полосасында гына күренә; ул полосаның да кайбер урыннарында тулы тотылу булса, кайбер урыннарында өлешчә тотылу гына була (чөнки Ай Кояшның билгеле бер өлешен генә каплый). Кояш тотылу моментлары да, ул полосаның төрле урыннарында төрлечә була; аның сәбәбе төрле урында вакытны төрлечә исәпләү түгел, бәлки Ай күләгәсенең Җир өстеннән узып китүе төрле нокталарда төрле моментта булу.

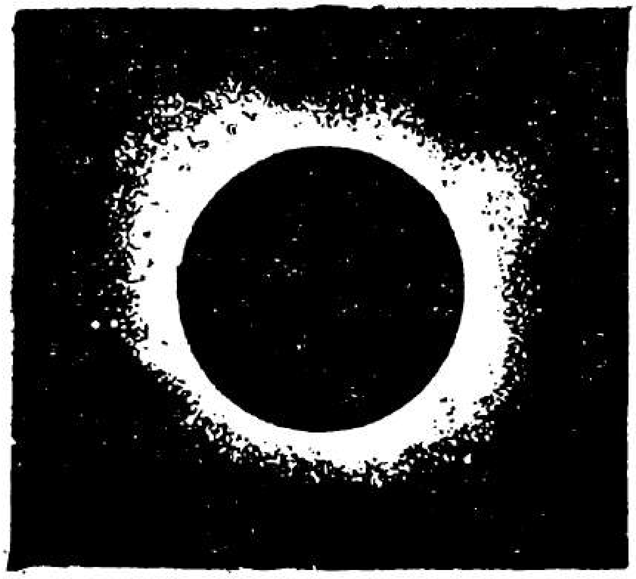
Ай тотылу бөтенләй башкача бара. Ай чын-чыннан караңгылана. Шуңа күрә, Ай ул чакта җир шарының кайсы яртысында күренсә, шул ярты шарның һәммә урыннарында ай тотылу бер вакытта була. Шуңа күрә астрономнар ай тотыла торган урыннарны эзләп йөрмиләр, үз урыннарында торып та аны яхшы күзәтә алалар.

Кояш тотылуны күзәтү өчен кайчакларда астрономнарга бик ерак җирләргә барырга туры килә. Ерак көнчыгышка, яки ерак көнбатышка, тропик утрауларга экспедицияләр оештыралар. Ул эшне оештыру өчен бик күп мәшәккатьләр, азаплар күрергә, күп чыгымнар тотарга туры килсә дә, Айның Кояшны каплап торуын күзәтү берничә минутка гына сузыла.

Шулай аз гына вакыт күзәтү өчен шундый авыр эшләр эшләүнең нинди файдасы бар соң? Кояшны Ай каплаганны көтеп тормыйча, шул ук күзәтүләрне башка төрле юллар белән башкарып булмыймыни? Телескоптан караган чакта астрономнар, телескопта күренгән кояшны кара түгәрәк белән генә каплап, ни өчен ясалма кояш тотылу эшләп карамыйлар? Бәлки, алай иткәндә дә астрономнарны кызыксындыра торган кояш тирә-юнен күзәтергә мөмкин булыр иде.

Кояшны Ай каплаган чакта күзәтелә торган картинаны ясалма рәвештәге кояш тотылуда күрергә мөмкин түгел. Сәбәбе шул: кояш нурлары, безнең күзебезгә килеп җиткәнче, җир атмосферасы аша үтәләр һәм һава молекулалары аркасында чәчелеп китәләр. Менә шуңа күрә дә көндез күк йөзе ачык зәңгәр төстәге гөмбәзсыман булып күренә. Әгәр атмосфера булмаса, күк йөзендәге йолдызлар көндез дә күренерләр иде. Без үзебез, һава океаны төбендә торган хәлдә, Кояшны кара түгәрәк белән каплап, аның күзгә туры төшә торган нурларыннан котылсак та, өстебездәге атмосфера һаман да кояш нурлары белән яктырып тора һәм, бу нурларны бөтен тирә-юньгә чәчеп, йолдызларны күзебездән югалта. Әгәр Кояшны каплап

торучы экран атмосфераның тышкы ягында булса, ул хәл булмый. Ай әнә шундый экран булып хезмәт итә; ул безнең җир атмосферасыннан күп йөзләрчә мең километр ераграк тора (шуның өстенә тагын, югарыда әйткәнебезчә, Ай белән Җир арасы Кояш белән Җир арасына караганда якынрак булса, Ай диаметры Кояш диаметрыннан шул кадәр тапкыр кечерәк). Кояш нурлары җир атмосферасына килеп кермәс борын шул экран (Ай) тарафыннан каплана лар; шулай итеп, нурлар атмосферада чәчелми кала. Дөрес, Айның күләгәсе дөм-кара күләгә булмый, чөнки күләгә полосасына читтән берникадәр нурлар керә; шуңа күрә дә тулы кояш тотылу вактында күк бөтенләй караңгыланмый; ул чакта йолдызларның да үтә якты булганнары гына күренәләр.



17 нче рәсем. Тулы кояш тотылу булган моментта „кояш таҗын" күзәтергә мөмкин була.

Тулы кояш тотылуны күзәткәндә астрономнар нинди мәсьәләләрне алга куялар соң?

Бу мәсьәләләрнең иң әһәмиятлеләренә генә тукталып китәбез.

Беренче мәсьәлә — Кояшның тышкы катлавындагы (атмосферасындагы) спектр сызыкларының „кайтмачалыгы" дип йөртелә торган бер физик законны тикшерү. Ачыграк әйткәндә, бу мәсьәлә шуннан тора: гади шартларда тикшереп караганда төрле төсләрдән төзелгән кояш спектрындагы сызыклар — кара сызыклар булып күренәләр; мондый спектр „йотылулы спектр" дип атала. Кояш Ай белән каплангач, аның караңгы фонында ул кара сызыклар барсы да якты булып күренәләр. Физика теле белән әйткәндә, бу вакыт „йотылулы спектр„ „чыгару спектры" булып әверелә. Без ул чакта кояш атмосферасы чыгарган спектрны күрәбез. Шул спектрга карап, кояш атмосферасының составын өйрәнергә мөмкин. Дөрес, аны кояш тотылу вактында гына түгел, башка шартларда да өйрәнергә мөмкин. Шулай да Кояш тотылган чакта ул күренеш аеруча ачык күренгәнгә, астрономнар аңардан файдаланып калырга тырышалар.

Икенче мәсьәлә — **кояш таҗын өйрәнү**. Тулы кояш тотылу вактында күренә торган күренешләрнең иң гаҗәбен һәм иң матурын кояш таҗы дип әйтергә була. Кояшны каплап алган дөм-кара ай түгәрәгенең бөтен тирәягында кояш кабыгының (атмосферасының) утлы телләре энҗеләрдән ясалган сөңгеләр шикелле күренәләр. Аларның формалары да, зурлыклары да төрле тотылу вактында төрлечә була. Ул балкуның озын нурлары кайчакта Кояш диаметрыннан да берничә тапкыр озынрак булалар; ә яктылыклары тулы Ай яктысының яртысы кадәр генә була.

Пулков обсерваториясенең директоры 1936 нчы елдагы кояш тотылу вактында күренгән кояш таҗы турында болай ди: „Ул вакыт кояш таҗы аерата якты булды, хәтта тулы айдан да яктырак иде; ул алай сирәк була. Таҗның озын һәм берникадәр сыекланыбрак киткән нурлары Кояш диаметрыннан өч тапкыр озынрак булып сузылган иде. Таҗ үзе биш очлы йолдызсыман тора, аның уртасына Айның кара түгәрәге кереп урнашкан иде".

Кояш таҗының нәрсә икәнлеге хәзергә кадәр ачыкланып җиткәне юк әле. Кояш тотылу вактында астрономнар кояш таҗының рәсемнәрен төшереп алалар, аның яктылыгын үлчиләр, төрле урыннардагы спектрын тикшерәләр. Шушы нәрсәләр аның физик төзелешен белергә ярдәм итәләр.

Соңгы елларда тагын өченче төрле бер мәсьәлә алга куелды. Ул — чагыштырылмачылык теориясенең бер нәтиҗәсен тикшерү мәсьәләсе. Эйнштейн теориясе буенча, бездән бик еракта тора торган йолдызларның нурлары кояш шары яныннан узып киткән чагында, Кояшның бик зур тарту көче аркасында, үзләренең юлларыннан авышалар; шул сәбәпле ул йолдызлар үз урыннарында күренмичә, кояш дисгенә (түгәрәгенә) таба авышып күренәләр.

1919, 1922 һәм 1926 нчы елларда үткәрелгән тикшерүләр бу мәсьәләне өзеп хәл кылырлык нәтиҗәләр бирмәде. Дөрес, нурларның үз юлларыннан читкә авышу факты расланды, ләкин теория буенча сан ягыннан бөтенләй үк дөрес килеп чыкмады әле.

Ай тотылу хәзерге астрономнар өчен фәнни яктан алай ук кызыксынырлык бер күренеш булып тормый. Элегрәк заманнарда ай тотылу Җирнең түгәрәклеген исбат итү өчен бер дәлил булып хезмәт иткән.

Кояш һәм Ай тотылулар ни өчен 18 елда бер булып торалар?

Безнең эрадан бик күп еллар элек Вавилон йолдыз күзәтүчеләре дә Кояш һәм Ай тотылуларның һәр 18 елда 10 көн узган саен кабатланып торуын белгәннәр. Шул периодны алар „сарос“ дип атаганнар. Шуннан файдаланып, борынгы йолдызчылар Кояшның һәм Айның кайчан тотылуын алдан хәбәр бирә торган булганнар. Ләкин алар аның ни өчен шундый периодик күренеш булганын һәм „сарос“ның озынлыгы ни өчен һаман 18 елда 10 көн булуын белмәгәннәр.

Кояш һәм Ай тотылуларның ни өчен периодик бер күренеш булуын соңрак заманда гына, Айның бөтен хәрәкәтләрен бик яхшылап тикшергәч кенә белгәннәр. Шул мәсьәләне кыскача тикшереп үтәбез.

Ай Җир тирәли күпме вакытта бер әйләнеп чыга? Җир тирәсендә Айның бер тапкыр әйләнеп чыгуы нинди моментта бетүенә карап, бу сорауга төрлечә җавап бирергә мөмкин. Астрономнар билгеләве буенча, айның биш төрле озынлыгы булырга мөмкин. Хәзер безне аларның икесе генә кызыксындыра.

1. Синодик ай. Кояштан торып күзәткәндә Айның үз орбитасы буенча бер тапкыр әйләнеп чыгуы өчен күпме вакыт кирәк булса, шул вакытны синодик ай дип атаганнар. Икенче төрле әйткәндә, синодик ай — икесе дә бер төсле ике фаза арасындагы: мәсәлән, бер яңа туган Ай белән икенче яңа туган Ай арасындагы вакыт була. Ул ара 29,5306 тәүлеккә тигез.

2. Драконик ай. Айның Җир тирәсендә әйләнеп йөрү юлы белән Җирнең Кояш тирәсендә әйләнеп йөрү юлы билгеле бер ноктада бер-берсен кисешәләр. Шул нокта „төен“ дип йөртелә. Драконик ай дип, Айның шул „төен“нән узып китеп, шул ук „төен“гә яңадан әйләнеп кайту вактына әйтәләр. Драконик айның озынлыгы 27,2123 тәүлек.

Ай тулып җиткән вакытта, яки яңа гына туган чагында, үзенең „төен нокталары“ның берсе аша узып китә һәм шул „төен“ аша узган моментта Айның үзәге Җир һәм Кояш үзәкләре белән бер туры сызык өстенә туры килә. Менә шул чакта кояш тотылу барлыкка килә. Шулай булгач, моннан шуны анларга була: әгәр бүген кояш тотылу булса, аның киләчәктә тагын тотылуы өчен, аңа тиешле шартның булуы кирәк; ә ул шартның булуы өчен билгеле бер санда синодик айлар һәм драконик айлар узуы кирәк.

Шул вакытны ничек белергә? Моның өчен шушы тигезләмәне чишәргә кирәк:

$$29{,}5306\,x = 27{,}2123\,y.$$

Бу тигезләмәдә x — синодик айлар саны, y — драконик айлар саны. Аны шушындый пропорция рәвешендә язабыз:

$$\frac{x}{y} = \frac{272123}{295306}$$

бу тигезләмәнең иң аз булган төгәл чишелүе:

$$x = 272123; \qquad y = 295306.$$

Күрәсез, унар мең елдан гыйбарәт, практик яктан файдасыз бер период килеп чыкты. Борынгы астрономнар якынча чишү белән генә канәгатьләнгәннәр. Якынча санны табу өчен иң җайлы юлны периодик вакланма бирә. Аның өчен безгә

$$\frac{295306}{272123}$$

вакланмасын периодик вакланмага әйләндерергә кирәк. Ул болай эшләнә: иң элек, вакланманың бөтен санын чыгарып алабыз:

$$\frac{295306}{272123} = 1\frac{23184}{272123}$$

Бу соңгы вакланманың санаучысын да, ваклаучысын да санаучыга бүләбез:

$$\frac{295306}{272123} = 1 + \cfrac{1}{11\frac{17098}{23184}}$$

Монда килеп чыккан иң соңгы вакланманың да санаучысын һәм ваклаучысын санаучыга бүләбез һәм аннан соң килеп чыккан вакланмаларны да шул ук рәвештә бүлә бирәбез. Шулай бүлә торгач, менә шушы нәтиҗә килеп чыга:

$$\frac{295306}{272123} = 1 + \cfrac{1}{11 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{2 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{4 + \cfrac{1}{4 + \cfrac{1}{17 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{7}}}}}}}}}.$$

Бу вакланмадан беренче буыннарын гына алып, калганнарын ташласак, түбәндәгечә якынча саннар килеп чыга:

$$\frac{12}{11}; \frac{13}{12}; \frac{38}{35}; \frac{51}{47}; \frac{242}{223}; \frac{1019}{939} \text{ һ. б.}$$

Болар арасында бишенче вакланманың төгәллеге безне тәмам канәгатьләндерә. Әгәр шул вакланмада тукталсак, ягни $x=223$ кә, $y=242$ гә дип хисапласак, ул чакта кояш тотылулар арасындагы период, — синодик айлар белән исәпләгәндә — 223 ай, драконик айлар белән хисаплаганда — 242 ай булып чыга. Икенче төрле әйткәндә, 6585 тәүлек, яисә 18 ел һәм 10,3 көн чамасы була.

Шулай итеп, без саросның кайдан килеп чыгуын белдек. Ул үтә төгәл исәпләнгән бер сан түгел. Шуңа күрә, аның буенча кояш тотылуны алдан хәбәр бирүдә дә азмы-күпме ялгышу булырга мөмкин. Әгәр саросны 18 ел һәм 10 тәүлек дип кенә хисапласак, 0,3 тәүлекне ташласак, тотыла башлауның сәгатен дөрес итеп әйтеп кую һич тә мөмкин түгел. Аннан соң саросны исәпләгәндә Айның Җирдән, Җирнең Кояштан нинди ераклыкта булулары бөтенләй искә алынмаган; тулы тотылу яки тотылмау шул ераклыкларга бәйләнгән. Шуңа күрә, сарос буенча кояш тотылуның көнен генә алдан хәбәр биреп була. Ләкин аның тулы тотылу булачакмы, яки өлешчә тотылу булачакмы икәнен һәм аның әлектә күренгән урыннардамы яки башка җирдәме булачагын алдан әйтеп булмый.

Хәзерге вакытта астрономнар сарос белән файдаланмыйлар. Айның бөтен хәрәкәтләре бик яхшы тикшерелгән. Шуның аркасында Кояшның кайчан тотылачагын секунд гына түгел, секундның өлешләренә кадәр дөрес итеп алдан әйтә алалар.

Сораулар.

1. Кояш тотылу һәм ай тотылу күпме вакытка сузыла?
2. Бер ел эчендә барсы ничә тотылу булуы мөмкин?
3. Кояш тотылмаган еллар буламы? Ай тотылмаган еллар буламы?
4. СССР да тулы Кояш тотылу тагы кайчан булачак?
5. Тотылган чакта Кояшны Ай кайсы яктан каплый башлый: уңнанмы, сулданмы?

6. Ай кайсы кырыеннан тотыла башлана: уңнанмы, сулданмы?

7. Тулы кояш тотылу вактында китап укып буламы?

8. Кояш тотылу вактында агач күләгәләре астында якты таплар ни өчен ураксыман булып торалар?

9. Тотылган чакта күренгән кояш урагы белән гәдәттә була торган ай урагы арасында нинди аерма бар?

10. Кояш тотылуны ни өчен корымланган пыяла аркылы гына карыйлар?

Җ а в а п л а р.

1. Кояш тотылуның тулы фазасы иң озак дигәндә $7^{1}/_{2}$ минутка сузыла (экваторда шулай; югарырак киңлекләрдә азрак). Шулай да кояш тотылуның барлык фазалары $4^{1}/_{2}$ сагәткә кадәр сузыла (экваторда).

Ай тотылуның барлык фазалары 4 сагәткә сузыла; Айның тулы рәвештә караңгыланып торуы 1 сагәт тә 50 минуттан озакка сузылмый.

2. Бер ел эчендә кояш һәм ай тотылулар саны 7 дән артык, 2 дән ким булмый (1935 нче елда 7 тотылу булды: Кояш 5 тапкыр, Ай 2 тапкыр тотылды).

3. Һәр ел саен кояш тотылу кимендә ике тапкыр була; бер елны да кояш тотылу булмый калмый. Ай тотылмаган еллар булгалый; андый еллар күбесенчә 5 елдан соң бер була.

4. СССР да алдагы кояш тотылу 1941 нче елда, 21 нче сентябрьдә була. Тулы тотылу полосасы Төньяк Кавказ һәм Урта Азия аша уза. Бу тотылу СССР ның башка җирләрендә дә күренер күренүен, ләкин аларда тулы тотылу булмас, өлешчә тотылу гына булыр.

5. Җирнең төньяк ярты шарында Ай Кояшның уң ягыннан каплый башлый. Көньяк ярты шарда Кояш сул яктан каплана башлый.

6. Төньяк ярты шарда Ай үзенең сул ягы белән, көньяк ярты шарда уң ягы белән җир күләгәсенә барып керә.

7. Тулы кояш тотылу вактында китап укып булмый.

8. Яфраклар күләгәсендә күренгән якты таплар — Кояш сурәте булалар. Тотылган чакта Кояш ураксыман күренештә була, шуңа күрә аның яфраклар күләгәсендә күренгән сурәте дә ураксыман була (18 нче рәсем).

9. Ай урагының сырт ягы — ярты түгәрәк рәвешендә, эчке ягы — ярты эллипс рәвешендә була. Кояш урагының ике ягы да бер тигез радиуслы дугалар белән чикләнгән була.

10. Бер өлеше Ай белән капланган булса да, Кояшка турыдан-туры карарга ярамый. Турыдан-туры төшкән Кояш нурлары күзнең челтәр катлавындагы иң сизүчән

18 нче рәсем. Кояш тотылуның тулы булмаган фазасы моментында агач яфраклары күләгәсендә яктылык таплары ураксыман күренештә булалар.

өлешен яндыралар; шуның аркасында берничә атна күрү начарланып тора, кайчакта бөтен гомергә дә шулай булып кала.

Куе корым белән капланган пыяла аша караганда күзгә зарар булмый. Корымландырыр өчен пыяланы шәм өстендә тотарга кирәк. Аның куелыгы Кояшны аксыл тәңкә шикелле генә итеп күрсәтерлек булырга тиеш. Караган чакта корымы сөртелмәсен өчен өстенә икенче пыяла каплап, кырыйларына кагәз ябыштырып куялар. Тотылган вакытта Кояшның күренүе ничек булуын алдан белеп булмаганга, төрле куелыкта итеп корымланган берничә пыяла хәзерләп куярга кирәк.

Өстәмә төсләргә буялган ике төрле төстәге ике пыяланы берсе өстенә берсен куеп, Кояш карый торган пыяла хәзерләргә мөмкин. Кара пыялалы күзлек кенә ярамый.

Айда һава хәле ничек була?

Һава хәле дигән сүзне безнең Җир өстендәгечә аңласак, Айда бернинди дә һава хәле юк. Атмосфера да, болытлар да, су парлары да, явым-төшем дә, җил дә булмагач, Айда нинди һава хәле булсын? Ай өстендә бары бер генә нәрсә турында сүз булырга мөмкин, ул да булса — температура, ай туфрагы температурасы.

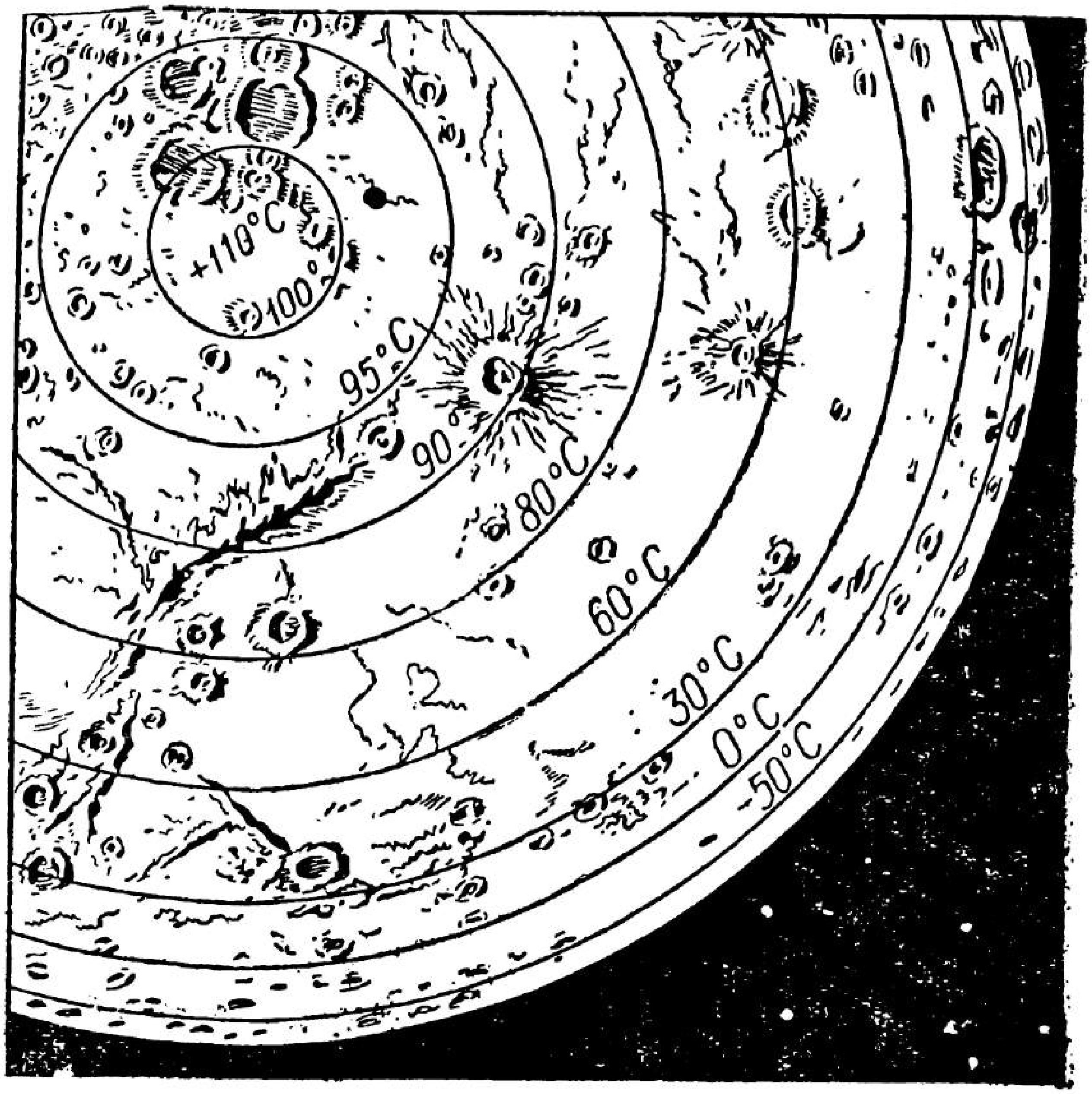
Айның туфрагы нихәтле җылынган соң? Хәзер астрономнар бер прибордан файдаланалар; ул прибор аркасында ерактагы яктырткычларның гомуми температураларын гына түгел, аларның аерым урыннарының температурасын да үлчәргә мөмкин.

Ул приборны термоэлектр дигән күренештән файдаланып ясаганнар. Термоэлектр дип, җылылык энергиясенең электр энергиясенә әверелүенә әйтәләр. Ике төрле металл чыбыкны бер-берсенә паять итеп ябыштырып, шул ябыштырылган урнын җылытсаң, ул металл чыбыклар буенча электр агымы йөри башлый; электр агымының зурлыгы температура аермасы зурлыгына карый һәм шул агым зурлыгы буенча андагы җылылыкның микдарын үлчәргә мөмкин.

Ул прибор искиткеч сизүчән. Аның микроскопик зурлыкта гына итеп эшләнгәне (аның җаваплы өлеше 0,2 *мм* дан артык булмый, авырлыгы 0,1 *мг* гына була) 13 нче дәрәҗә зурлыктагы йолдызның да җылыту тәэсирен сизә ала; андый йолдызның җылытуы температураны ун миллионнан бер градуска кадәр генә күтәрә ала. Андый йолдызлар телескопсыз күренмиләр; алар гади күз белән күренә торган йолдызларга караганда 600 тапкыр зәгыйфрәк яктырталар. Шундый аз җылылыкның барлыгын сизү— бер шәмнең җылылыгын берничә мең километрдан сизү белән бер була.

Менә шундый гаҗәп сизгер приборны астрономнар телескопта күренә торган Айның төрле урыннары каршына куеп караганнар (бу тәҗрибә Америка Кушма Штатларында Вильсон тавындагы обсерваториядә дөньяның иң зур телескопы ярдәмендә ясалган). Аерым урыннардан килә торган җылылыкны үлчәп, шуның буенча Айның төрле урыннарындагы температураларны (10° ка кадәр дөрес итеп) белгәннәр. Ул тәҗрибәнең нәтиҗәләре болай: тулы Айның үзәгендә температура 100° тан артык; димәк, анда түгелгән су нормаль басым астында да кайнап чыга дигән сүз. Бер астроном „Безгә Айга менгәч, ашны

плитә өстендә пешереп торырга туры килмәячәк, теләсә нинди таш өстенә куеп та пешерергә мөмкин булачак" дип яза. Үзәктән ераклашкач температура әкренләп кими бара. Шулай да үзәк ноктадан 2700 *км* ераклыкта



19 нчы рәсем. Ай өстендәге температура — айның үзәгендә 110° ка җитә; кырыена таба киткән саен температура төшә бара.

да 80° тан кимеми. Аннан соң температура тизрәк кими һәм түгәрәкнең кырыена якынайгач,— 50° лы суык хөкем сөрә. Айның Кояштан читкә борылган өлешендә тагын да суыграк; анда температура — 153° ка җитә.

Тотылган вактында Ай бик нык суына, чөнки ул Җир күләгәсенә килеп кергәч, берникадәр вакыт аның өстенә Кояш нурлары бөтенләй төшми торалар. Бер вакыт Ай тотылган чакта аның күпме суынганын үлчәп караганнар

һәм сагәт ярым — ике сагәт эчендә аның температурасы +70° тан — 117° ка төшкәнен белгәннәр. Кояш тотылган чакта Җир температурасы 2 — 3 градуска гына кими. Чөнки Җирнең атмосфера катлавы күренә торган нурларны үзе аркылы үткәрсә дә, күзгә күренми торган „җылылык" нурларын үткәрми һәм туфракның җылысын саклап тора.

Айның бик тиз суынуы, бердән, анда атмосфера булмаудан килсә, икенчедән, аның тиз суынуы ай туфрагының җылы сыешлыгы бик аз, җылы үткәрүчәнлеге дә начар булуын, шуңа күрә җылынганда җылылык запасын аның бик аз җыеп калганын күрсәтә.

III

Планеталар

Көндезге яктыда планеталар

Якты кояшлы көнне көндез планеталарны күреп буламы? Телескоп аша .караганда, әлбәттә, күреп була. Астрономнар еш кына көндез дә, телескоп аша карап, планеталарны (хәтта уртача гына көчле труба белән дә) күзәтәләр; дөрес, көндез алар төндәге шикелле үк ачык күренмиләр, шулай да күзәтергә мөмкин була. Тышка таба карап торган башының диаметры 10 см булган труба аша Юпитерне күрү генә түгел, аның өстендәге төрле полосаларны да аерырга мөмкин. Италия астрономы Скиапарелли Меркурий планетасын күбрәк көндез тикшергән; ул чакта Меркурий горизонттан бик биектә тора, ә Кояш баткач, ул бик түбән күренә, шуңа күрә атмосфера аның телескоп аша күренгән сурәтен үзгәртә.

Яхшы шартлар булганда планеталарны көндез телескопсыз да күреп була.

Иң яхшы яктырган чагында Венера планетасы (Зөһрә йолдызын) көндезге күктә бик еш күрергә туры килә.

Зур-зур өйләр тезелгән шәһәр урамнарыннан караган чакта Венераны кырдагыдан да ачыграк күрергә була, чөнки биек өйләр Кояшны каплап, күзгә турыдан-туры нур төшүдән саклыйлар.

Венераны күрү өчен иң җайлы чак 8 елда бер тапкыр булып тора. Күкне бик диккат белән күзәтеп торганда Венераны гына түгел, Юпитерне дә, хәтта Меркурийне дә, күрә алырга мөмкин.

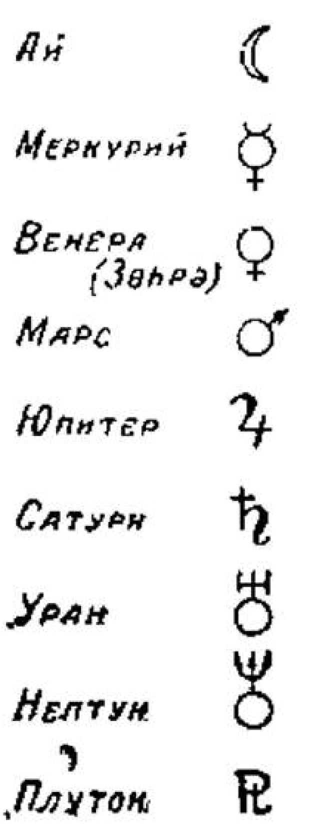
Төрле планеталарның яктылыгы төрлечә була. Яктылыкларына карап, аларны түбәндәге тәртип белән тезәргә мөмкин.

Венера Марс Юпитер	Сириустан берничә тапкыр яктырак	Меркурий Сатурн	Сириустан загыйфрәк, ләкин беренче зурлыктагы башка йолдызлардан якты.

Бу мәсьәләгә алдарак тагы тукталырбыз әле.

Планеталар әлифбасы

Айны һәм башка планеталарны хәзерге астрономнар үзенә махсус тамгалар белән билгеләп йөртәләр (20 һәм 21 нче рәсемнәр). Ул тамгалар бик борынгы заманнан ук кулланылып киләләр. Ул тамгаларның Айныкыннан башкаларын аеруча аңлатырга туры килә. Борын заманда йолдызларны һәм планеталарны алла дип санаучылар булган. Ул йолдыз аллаларын таштан яки агачтан төрле кыяфәтләрдә итеп ясаганнар. Меркурий планетасын билгели торган тамганы „Меркурий алласы“ кыяфәтендә сурәтләгәннәр. Венераның тамгасы—Венера дип йөртелгән „кыз алла“ ның матурлыгын аңлату өчен кул көзгесе шикелле итеп ясалган. Марс тамгасы итеп, сугышта яклаучы алланы аңлату өчен, каршына калкан куелган сөңге сурәте алынган. Юпитер тамгасы — грекчә юпитер (Zeus) сүзенең баш хәрфе (Z — язма рәвештәгесе). Сатурн тамгасы итеп, астроном Фламмарионның әйтүенә караганда, „такдир алласының коралы — вакыт чалгысы“ сурәте беркадәр үзгәртеп алынган.



20 нче рәсем. Айны һәм планеталарны аңлата торган тамгалар.

Югарыда саналган тамгаларны 9 нчы йөздән бирле кулланып киләләр. Уран, Нептун һәм Плутон планеталары 18 нче йөздән соң гына ачылганнар. Шунлыктан, аларның тамгалары әллә нинди тузга язмаган „алла“ исемнәре белән бәйләнмәгән. Уран планетасын 18 нче йөз ахрында Гершель дигән астроном ачкан. Шуңа күрә аның тамгасындагы түгәрәк өстендә булган *H* хәрфе Hershel сүзен аңлата. 1846 нчы елда ачылган Нептун

планетасы өч мөгезле түгәрәк белән тамгаланган (ул „диңгез алласының“ өч тешен аңлата). Плутон тамгасы „PL“ хәрефләреннән тора.

21 нче рәсем. Җирне һәм Кояшны аңлата торган тамга.

Кояш белән Җирнең дә тамгаларын карагыз. Кояш тамгасы бик борынгы (2 мең ел элек үк) Мисыр халкыннан ук калган.

Борынгы алхимиклар планеталар әлифбасы белән металларны атап йөрткәннәр. Мәсәлән, Кояш тамгасы белән — алтынны, Ай тамгасы белән — көмешне, Меркурий тамгасы белән — терекөмешне, Венера тамгасы белән — бакырны, Марс тамгасы белән — тимерне билгеләгәннәр.

Кояш тирәсендәге планеталар системасы

Кояш тирәсендә әйләнә торган зур планеталарның хәзергәчә тугызы билгеле. Аларны иң зурларыннан башлап тезеп чыксак, болай була: 1) Юпитер, 2) Сатурн, 3) Нептун, 4) Уран, 5) Җир, 6) Венера, 7) Марс, 8) Меркурий, 9) Плутон.

Бу планеталарны Кояшка иң якын торганыннан башлап тезеп чыксак, болай була: 1) Меркурий; 2) Венера; 3) Җир; 4) Марс; 5) Юпитер; 6) Сатурн; 7) Уран; 8) Нептун; 9) Плутон.

Меркурийның Кояштан уртача ераклыгы 58 миллион километр. Ул Кояш тирәсендә 88 көндә бер тапкыр әйләнеп чыга; аның әйләнеп йөрү тизлеге секундга 48 километр.

Венераның (Зөһрә йолдызының) Кояштан уртача ераклыгы 108 миллион километр. Ул Кояш тирәсендә 226 көндә бер тапкыр әйләнеп чыга. Аның әйләнеп йөрү тизлеге секундга 35 километр.

Җирнең Кояштан уртача ераклыгы 150 миллион километр. Ул Кояш тирәли бер елда әйләнеп чыга. Аның әйләнеп йөрү тизлеге секундга 29,76 километр.

Марсның Кояштан уртача ераклыгы 228 миллион километр. Ул Кояш тирәли 22,5 айда бер тапкыр әйләнеп чыга. Аның әйләнеп йөрү тизлеге секундга 24 километр.

Юпитернең кояштан уртача ераклыгы 778 миллион километр. Ул Кояш тирәли 11 ел, 10 айда бер тапкыр

әйләнеп чыга. Аның әйләнеп йөрү тизлеге секундга 13 километр.

Сатурнның Кояштан уртача ераклыгы 1 миллиард 426 миллион километр. Ул Кояш тирәсендә 29 ел ярымда бер тапкыр әйләнеп чыга. Аның әйләнеп йөрү тизлеге секундга 9,6 километр.

Уранның Кояштан уртача ераклыгы 2 миллиард 869 миллион километр. Ул Кояш тирәсендә 84 елда бер тапкыр әйләнеп чыга. Аның әйләнеп йөрү тизлеге секундга 6,8 километр.

Нептунның Кояштан уртача ераклыгы 4 миллиард 496 миллион километр. Ул Кояш тирәсендә 164,5 елда бер тапкыр әйләнеп чыга. Аның әйләнеп йөрү тизлеге секундга 5,4 километр.

Плутонның Кояштан уртача ераклыгы 5 миллиард 918 миллион километр. Ул Кояш тирәсендә 249 ел, 2 айда әйләнеп чыга. Аның әйләнеп йөрү тизлеге секундга 4,5 километр.

Алты планетаның үзләре тирәсендә әйләнеп йөри торган иярченнәре дә бар. Аларның иярченнәрен дә кечкенә планеталар дип әйтергә була. Безнең Җирнең иярчене бер генә; ул — **Ай**. Марсның 2 иярчене, Юпитернең 9 иярчене, Сатурнның 9 иярчене, Уранның 4 иярчене, Нептунның бер иярчене бар.

Бу зур планеталардан башка Кояш тирәсендә бик вак планеталар да әйләнеп йөриләр. Аларны астрономнар астероидлар дип йөртәләр Астероидларның саны меңнән артык (бу турыда алдарак тукталырбыз).

Шулай итеп, Кояш семьясенә бик күп планеталар керә. Астрономнар аларның Кояштан нинди ераклыкта торып әйләнүләрен генә түгел, зурлыкларын да, тыгызлыкларын да тикшереп белгәннәр.

Меркурийдә ни өчен һава юк?

Планетаның үз күчәре тирәсендә әйләнүе белән, аның өстендә һава барлыгы яки юклыгы арасында нинди бәйләнеш булырга мөмкин дип уйлыйсыз? Бер караганда, бер төрле дә бәйләнеш юк шикелле тоела. Шулай да, Кояшка иң якын торган Меркурий планетасында без шундый бәйләнеш барлыгын күрәбез.

Меркурийнең тартып тору көче үз өстендәге һаваны читкә җибәрмичә тотып торырга җитәр иде. Меркурийнең

тарту көчен җиңеп, аннан бөтенләй аерылып китәр өчен секундга 4900 метр тизлек белән хәрәкәт итү кирәк. Түбән температурада, һава молекулаларының иң тиз очып йөри торганнары да, алай ук тиз хәрәкәт итә алмыйлар. Димәк, Меркурий өстендә һава булырга тиеш иде, шулай да анда һава юк.

Моның сәбәбе: Меркурийнең Кояш тирәсендә әйләнүе Айның Җир тирәсендә әйләнүенә ошаган. Ай Җир тирәсендә әйләнгәндә һәр вакыт бер ягы белән генә җиргә таба карап әйләнә, икенче ягын Җиргә һичбер вакытта да күрсәтми. Шуның кебек, Меркурий планетасы да Кояш тирәсендә әйләнгәндә Кояшка үзенең бер генә ягын күрсәтеп әйләнә. Чөнки Меркурийнең Кояш тирәсендә әйләнеп чыгу вакты (88 көн) күпме булса, үз күчәре тирәсендә әйләнеп чыгу вакты да шул кадәр. Шуңа күрә Меркурийнең һәр вакыт Кояшка карап торган ягында һич туктаусыз көн һәм мәңге эссе булып торса, Кояш карамаган ягында тоташ төн һәм мәңге кыш булып тора.

Ул планетаның көньягында нинди каты эсселек булуын, чама белән генә булса да, күз алдыгызга китерегез. Аңа Кояш Җирдәгегә караганда ике ярым тапкыр якынрак. Шуңа күрә аның кыздыру көче 2,5 $\times$ 2,5, ягни 6,5 тапкыр артыграк. Ә аның төньягына миллионнарча ел буена бер нур да төшә алмый; димәк, анда дөнья пространствосындагы суыкка якын булган каты салкыннар (—264°С) булырга тиеш.

Шундый гадәттән тыш температура шартлары булганда, ул планетадагы һава нишләргә тиеш? Аның мәңге төн булып торган ягындагы ул кадәр каты суыкта һава иң элек сыекланырга, аннан соң катарга тиеш. Ул вакыт анда атмосфера басымы бик нык кимегәнлектән, планетаның икенче ягындагы һава бу якка күчәргә тиеш. Суык якка күчкәч, ул һава да шулай ук ката бара. Тора-бара планетаның бөтен һавасы мәңге төн булып торган ягына күчәргә һәм анда каты хәлгә әйләнеп бетәргә тиеш. Шулай итеп, Меркурийдә һаваның булмавы — физик законнар нәтиҗәсе.

Кайбер кешеләр Айның безгә күренмәгән ягында һава булырга тиеш дип уйлыйлар. Айның бер ягында һава булмагач, икенче ягында да һава булуы һич мөмкин түгел. Уэллс „Айда беренче кешеләр“ исемле романының бу мәсьәләгә кагылган өлешендә бик нык ялгыша. Ул, 14 тәүлек төн булып торган чагында Айдагы һава сыекланып һәм катып өлгерә, ләкин көн була башлагач тагын

газ хәленә әверелә — атмосфера барлыкка китерә, дип уйлый. Моның булуы мөмкин түгел. Бу турыда профессор Хвольсон болай ди: „Әгәр Айның караңгы ягында һава туңса, аның якты ягындагы һава да бөтенләй диярлек караңгы якка күчеп бетәргә һәм туңып катарга тиеш. Каты һава Кояш нурлары тәэсире белән газ хәленә әйләнергә, ләкин газга әйләнгәч тә, Айның караңгы ягына күчәргә һәм анда тагын катарга тиеш. Шулай итеп Ай өстендә һава була икән, ул бер туктаусыз куылып торырга тиеш; шуның аркасында, аның сизелерлек дәрәҗәдә эластиклыгы (киңәючәнлеге) булу ихтималы юк".

Айда һәм Меркурийдә һава булмаса да, Кояштан еракльгы буенча икенче урында торган Венера планетасында, һич шиксез, һава бар.

Венера атмосферасында, дөресрәк итеп әйткәндә, аның стратосфера дигән катлавында углерод (2) оксиды газы бик күп икәнен белделәр (Җирдәгедән ун мең тапкыр артыграк).

Марс турындагы уйлар дөресме?

Астрономия мәсьәләләре турында сүз кузгалып китсә, Марста һава да, су да бар; шулай булгач, анда яшәүчеләр дә булырга тиеш, дип куялар. Рус әдәбиятында „Марстагы кешеләр" һәм „Марстагы тереклек" турында күп кенә романнар да бар. Ул романнарда „Марсның матур кырлары, болыннары, урманнары, иген сугару өчен эшләнгән каналлары" турында язалар. „Марсның искиткеч акыллы һәм тирән белемле кешеләре Җир халкына әллә нинди сигналлар җибәрәләр" дип язалар. Ләкин Марс турында андый нәрсәләрне астроном булмаган кешеләр күбрәк „беләләр". Астрономнарның андый уйларны сөйләргә бернинди дә нигезләре юк диярлек.

Әгәр болар турында галим астрономнан сорасагыз, ул сезне елмаеп кына тыңлап торыр да, сез әйткән нәрсәләр Марста, бәлки, бардыр да, ләкин фәнгә бу турыда бер нәрсә дә ачык билгеле түгел, дип кенә җавап бирер.

Сүзгә мавыгып китә торган астроном булса, бу турыда үз фикрен болай дип өстәп куюы мөмкин: Марс өстендә атмосфера безнең Җирдәгегә караганда бик сирәк. Марс өстендә бик суык. Анда дым да аз, кислород да күп түгел (Җирдәгенең бер проценты кадәр генә булырга мөмкин). Марсның күп җире сусыз, туңган ачык кырдан

гыйбарәт. Шуңа күрә дә Марсны тереклек өчен бөтенләй җайсыз дөнья дип йөртергә туры килә...

Дөрес, Марсның кайбер карарак күренгән өлкәләрен („океаннарын“) сулар дип уйламыйча, үсемлекләр белән капланган дымлы урыннар дип уйларга мөмкин. Ләкин бу да коры уйдан гына гыйбарәт булачак, чөнки ул уйның төпле нигезе юк.

Аннан соң, Марс өстендә тереклек өчен кирәкле бөтен шартлар була икән, аңа карап кына анда тереклек әлбәттә булырга тиеш дип әйтеп булмый.

Марста тере табигать бар, анда бик югары культуралы халыклар яши, дип һәркем уйлый алыр, ләкин ул уйларның берсенә дә фән җаваплы була алмый.

Планетамы яки кечерәк коямы?

Безнең планеталар системасында иң зурсы булган Юпитер турында шундый сорауның булуы бик мөмкин. Юпитернең күләме Җирдән 1300 тапкыр зуррак. Шуңа күрә аның тарту көче дә бик зур. Ул үзенең искиткеч зур булган тарту көче белән әллә никадәр планеталарны үз тирәсендә әйләнеп йөрергә мәҗбүр итә. Астрономнар Юпитер тирәсендә әйләнеп йөри торган 9 ай барлыгын белгәннәр. Аларның иң зурларын (дүртесен) моннан өч йөз ел чамасы элек Галилей ачкан һәм аларны I, II, III, IV саннары белән билгеләгән. Юпитернең III һәм IV иярченнәре, зурлыклары ягыннан, Меркурий планетасыннан да зурраклар. Түбәндәге таблицада Марсның, Меркурийнең, Айның һәм Юпитер иярченнәренең диаметрлары китерелә:

	Диаметры
Марс	6770 *км*
Юпитернең III иярчене	5150 „
IV „	5180 „
Меркурий	4800 „
Юпитернең I иярчене	3730 „
Ай	3480 „
Юпитернең II иярчене	3150 „

22 нче рәсемдә шул ук таблица шарлар рәвешендә итеп ясалган. Андагы зур түгәрәк — Юпитер; аның диаметры буенча тезелгән түгәрәкләр—Җир. Юпитернең сул ягындагы түгәрәкләр — аның иң зур дигән дүрт иярчене. Уң якта — Ай, Марс һәм Меркурий. Бу

рәсемне караганда, аның диаграмма түгел икәнен истә тотыгыз; андагы түгәрәкләрнең йөззурлыкларына карап ул шарларның күләмнәрен чагыштырып булмый. Ул шарлар диаметрларының кублары нинди чагыштырмада булсалар, аларның күләмнәре дә шул ук чагыштырмада була. Әгәр Юпитер диаметры Җир диаметрыннан 11 тапкыр озын булса, аның күләме 11^3 тапкыр, ягни 1300 тапкыр артык була. Шушы юл белән сез рәсемдәге башка шарларның (Марсның, Меркурийнең һ. б.) күләмнәреннән Юпитер күләме ничә тапкыр артык икәнен исәпләп таба аласыз.

Юпитернең тарту көченә килсәк, аның искиткеч зурлыгын, аның тирәсендә әйләнүче айларының нинди ераклыкта торып әйләнүләренә карап та белергә була. Түбәндәге таблицаны карагыз.

Ераклык	Ничә *км*	Чагыштырма сан
Айдан Җиргә кадәр	380 000	1
Юпитердән III иярчененә кадәр . .	1 070 000	3
Юпитердән IV иярченәнә кадәр . .	1 900 000	5
Юпитердән IX иярченәнә кадәр . .	24 000 000	68

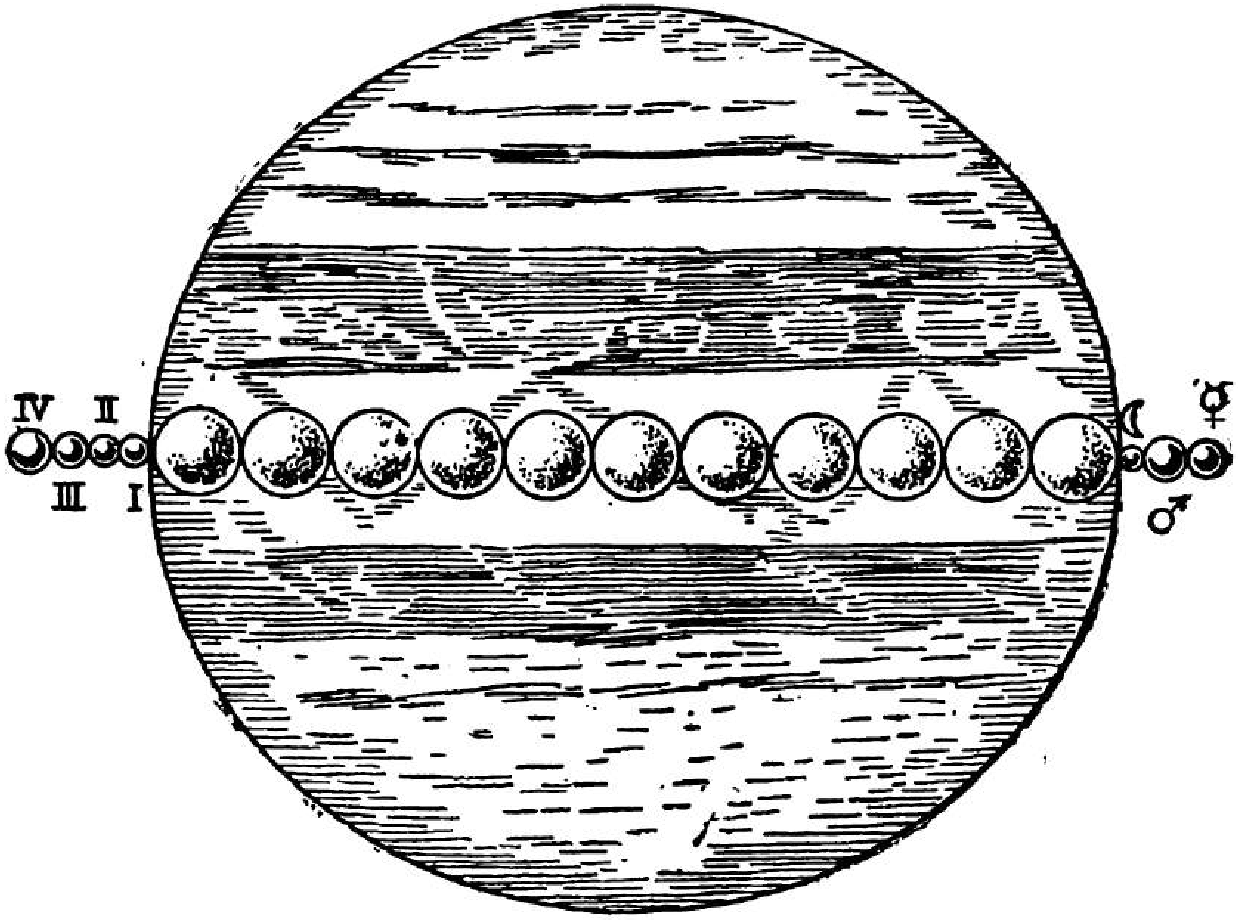
Күрәсез, үзенең иярченнәре белән Юпитер дөнья пространствосында Җир белән Айга караганда 68 тапкыр киңрәк урын алып тора. Андый иярченнәре киң пространствога җәелгән һичбер планета юк.

Димәк, Юпитерне кечкенә Кояш дип әйтү бик үк урынсыз түгел. Юпитер массасы башка планеталарның барлыгының да массасыннан өч тапкыр артыграк.

Юпитер башка яклары белән дә Кояшка охшый. Аның суга карата уртача чагыштырма авырлыгы — 1,3; ә Кояшныкы — 1,4. Кояш кебек Юпитерның дә чагыштырма авырлыгы аның тирәсендә әйләнүче шарлар чагыштырма авырлыгыннан кимрәк. Иярченнәренең чагыштырма авырлыгы 2,9 га җитә.

Күптән түгел генә әле Юпитерне суынып җитмәгән һәм өстендә каты кабык хасыйл булмаган бер планета дип йөриләр иде. Хәзер ул карашны бөтенләй ташларга туры килә. Температурасын үлчәп карагач, аның нульдән түбән 100°С икәнен белделәр. Бу температура Юпитерне урап торган атмосфераның температурасы түгел, чөнки ул температураны инфракызыл нурлар буенча билгелә-

гәннәр; инфракызыл нурлар Юпитер туфрагыннан чыгалар һәм атмосфера аша һич тоткарсыз үтә алалар. Юпитер температурасы — 100° булгач, ул бөтенләй суынып беткән һәм тик Кояш тәрбиясендә генә яши торган, ягни аның җылысы белән генә җылына торган планета була. Юпитер Кояштан бик аз җылы алып тора. Җирнең һәр квадрат сантиметрына Кояштан минут саен 2 кечкенә калория



22 нче рәсем. Юпитернең зурлыгын аның дүрт иярчене (сулда) белән, Ай, Марс һәм Меркурий белән (уңда), Җир белән (Юпитернең диаметры буенча тезелгән шарлар) чагыштырып карагыз.

җылылык килеп тора. Безнең Җиргә караганда Юпитер Кояштан 5,2 тапкыр ераграк тора. Шунлыктан, Юпитернең һәр квадрат сантиметрына Кояштан бер минутка бары 0,074 кечкенә калория генә җылылык килеп тора.

Юпитернең температурасы бик түбән булуы, анда булып тора торган бик күп күренешләрнең ни сәбәптән килеп чыгуын аңлауны читенләштерә; мәсәлән, аның атмосферасындагы давыллы күренешләр, андагы полосалар, таплар нидән булалар? Менә шуның кебек бик күп мәсьәләләрне астрономнарның чишә алганнары юк әле.

Иң соңгы тикшеренүләр нәтиҗәсендә, Юпитер атмосферасында (шулай ук Сатурнда да) аммиак һәм метан газлары барлыгы беленде.

Сатурн боҗраларының юкка чыгуы

Сатурн планетасы үзенең искиткеч бер күренеше белән башка планеталардан аерыла. Аның өстендә бик матур кыршаулары, яки икенче төрле әйткәндә—боҗралары бар. Сатурн боҗралары барлыгын иң беренче буларак 1610 нчы елда Галилей күргән, ләкин Галилей аларны боҗралар дип түгел, кырыйдан чыгып торгансыман нәрсәләр дип кенә белгән. 1657 нче елда Гюйгенс Сатурн тирәсендәге боҗраларны бик ачык күрә алган.

1921 нче елда бик кызык хәбәр таралды: Сатурн боҗралары юкка чыккан имеш! Аның боҗраларының ватыклары бик зур тизлек белән Кояшка таба атылып баралар имеш һәм юлда безнең Җиргә дә бәрелү куркынычы бар имеш... Хәтта кайберәүләр ул бәрелүнең кайсы көнне булачагына кадәр сөйләделәр.

Бу төпсез хәбәрләрнең таралуына сәбәп шул: ул елны Сатурн боҗралары бераз вакыт бөтенләй күренми тордылар. Астрономия календарынча әйтсәк, „юкка чыктылар". Менә шуны аңламаучы кешеләр, Сатурн боҗралары ватылган һәм аның ватыклары (кисәкләре) дөнья бушлыгына чәчелгән, дип хәбәр тараттылар.

Сатурн боҗралары кай вакытны ни сәбәпле күздән югалып тора соң? Бердән, Сатурнның боҗралары бик нечкә: 20—30 километр чамасында гына. Киңлекләре белән чагыштырганда калынлыклары кагәз шикелле генә булып кала. Икенчедән, Сатурн боҗралары кай вакыт Җиргә кырлары белән карап торалар. Менә шул вакыт алар җирдәге күзәтүчегә күренмиләр.

Сатурн боҗралары Җир орбитасы яссылыгы белән 27°лы почмак ясап торалар. Ләкин Сатурн үзенең орбитасы буенча Кояш тирәсендә әйләнеп чыкканда (29 ел эчендә) аның боҗралары Кояшка һәм Җиргә карата кабыргалары (кырлары) белән туры киләләр; алай туры килү бер әйләнеп чыгу арасында (29 елда) ике тапкыр һәм берсе берсенә капма-каршы торган урыннарда була. Менә шул кырлары белән туры килгән чакларда Сатурн боҗралары күренми торалар.

Нептуннан да ераграк планета

Кояш тирәсендә әйләнүче планеталардан 9 нчы планета 1930 нчы елда гына ачылды. Моннан 100 ел чамасы гына элек, Кояштан иң еракта торучы планета — Уран дип

исәплиләр иде. Ләкин, Уранның хәрәкәтендә күренгән кайбер үзгәрешләр аннан да ераграк булган тагын бер планета барлыгын, аның тарту көче Уранга тәэсир итүен аңлаттылар. Менә шул хәлне сизгәннән соң астрономнар яңа планетаны күзәтә һәм эзли башладылар. Шулай тикшерә торгач, Нептун планетасы ачылды.

Нептун планетасының тарту көче тәэсирендә Уран хәрәкәтендә булган үзгәрешләрне тагын яхшылабрак тикшереп карадылар. Шул тикшерүләрдән соң, Уран хәрәкәтендә булган үзгәрешләр Нептун тәэсиреннән генә булмыйча, тагын бер билгесез планета тәэсиреннән дә булганын аңладылар. Ул планета кайда? Кояштан нинди ераклыкта тора? Аның күләме һәм массасы күпме? Менә бу сорауларга җавапны астрономнар математика формулаларыннан эзләргә керештеләр. Төрле астрономнар төрлечә юллар күрсәттеләр. Шул ук вакытта телескоплар белән дә күк йөзенең яшерен урыннарын бик ныклап тикшерә башладылар.

1929 нчы ел ахрында Томбо дигән яшь астрономның телескопы күк караңгылыгыннан яңа бер планетаны эзләп тапты. Ул планетаны Плутон дип атадылар.

Плутон турында астрономнар бик аз беләләр әле. Хәзергә аның турында бары шуны гына әйтергә мөмкин: ул зурлыгы ягыннан Җирдән 10 тапкыр чамасы кечкенәрәк, ягни аны Марс белән бер тигез зурлыкта диярга була.

Плутонның орбитасы бик озын эллипстан гыйбарәт. Кояштан ул безнең Җиргә караганда 40 тапкыр диярлек ераграк тора. Кояш тирәсендә бер тапкыр әйләнеп чыгу вакты 250 ел.

Плутон күгендә Кояш Җир күгендәгедән 1600 тапкыр тоныграк күренә. Шулай да, Кояшның Плутонны яктыртуы бик начар түгел. Чама белән әйткәндә, тулы ай безнең Җир йөзен яктыртканнан 250 тапкыр артыграк. Шулай булгач, Плутонда бик үк караңгы дип әйтеп булмый.

Кечкенә планеталар — астероидлар

Моңа кадәр без Кояш тирәсендә әйләнүче 9 зур планета турында гына сөйләдек. Аларның күбесе безгә телескопсыз да күренәләр. Ләкин Кояш тирәсендә әйләнүче бик вак планеталар да күп. Андый кәрлә планеталар астероидлар дип, яисә „кечкенә планеталар“ дип ата-

лалар. Аларның Церера дип аталган иң зурсының да диаметры 700 километр гына. Ул күләм ягыннан безнең Айдан да күп тапкырлар кечкенә.

Иң беренче кечкенә планета — Церераны 1801 нче елда ачканнар. XIX нчы гасырда барлыгы 400 дән артыграк кечкенә планета табылган. Алар барсы да Кояш тирәсендә Марс һәм Юпитер арасында әйләнеп йөриләр. Баштарак кечкенә планеталарны барсы да шул Марс һәм Юпитер арасындагы юлларда гына йөриләр дип уйлыйлар иде, ләкин XX нче гасырда табылган яңа астероидлар ул уйның дөрес түгеллеген күрсәттеләр. Мәсәлән, 1920 нче елда табылган Гидальго астероидының Кояш тирәсендә йөрү юлы Юпитер орбитасын аркылы кисеп чыга һәм Сатурн орбитасыннан да шактый ерак узып китә. 1936 нчы елда гына табылган Адонис дигән кечкенә планетаның орбитасы тагын да ераграк сузылган. Бу планета Кояштан ерагайган чакта Юпитер белән бер ераклыкка китсә, якынайганда ул Меркурий орбитасына килеп җитә яза.

Хәзергә кадәр табылган кечкенә планеталар мең ярым чамасында. Аларның бер йөздән артыграгын безнең Кырымдагы Симеиз обсерваториясе астрономнары тапканнар. Бу юлда аеруча зур урын тотучы астроном — Г. Н. Нейумин. Астероидлар арасында „Владилен" (Владимир Ильич Ленин исменнән алынган) дип аталганы һәм Шлиссельбург геройлары исме белән „Морозовия", „Фигнерия" дип аталганнары да бар. Астероидларны күп табуы ягыннан Симеиз бөтен дөньяда икенче урында тора. Астероидларга карата фәнни мәсьәләләрне чишү өлкәсендә дә совет астрономиясе күренекле урын тота.

Кечкенә астероидлар төрлечә зурлыкта булалар. Церера шикелле зурлары (диаметры 700 километр чамасында булганнары) бик аз. Җитмешләп астероидның диаметрлары 100 километрдан артыграк. Бик күп астероидларның диаметрлары 20 километрдан 40 километрга кадәр генә. Бик кечкенә астероидлар да аз түгел; аларның диаметрлары 2-3 километр чамасында гына. Астероидларның барсы да табылып беткәне юк әле; шулай булса да, барлык астероидларның массасы безнең Җир массасының меңнән бере кадәр генә дип өзеп әйтергә мөмкин. Хәзерге вакыттагы телескоплар аша күрә алырга мөмкин булган астероидларның 5% ы гына табылган дип уйлыйлар.

Безнең иң якын күршеләребез

Без югарыда Адонис дигән астероид турында искә алып киткән идек. Ул кечкенә планетаның орбитасы бик артык озынча кыяфәттәге эллипстән гыйбарәт. Шуның белән бергә, ул планетаны безнең планетаның иң якын күршесе дип әйтергә була. Дөрес, Ай безгә якынрак тора һәм ул астероидлардан зуррак та. Ләкин аның дәрәҗәсе кечкенәрәк, чөнки ул үз ирекле планета түгел, безнең планетабызның иярчене генә. Хәзергә әле Адонис дигән кечкенә планетаның Җиргә күпме якынаюы турында ачык билгеле түгел.

Җиргә иң якын торган планеталардан тагын берсе — Аполлон дигән астероид. Бу астероид беренче табылган елында безнең Җирдән $10^{1}/_{2}$ миллион километр ераклыкта гына узып китте. Мондый ераклык астрономиядә бик аз хисаплана. Безгә иң якын килгән чагында да Марс бездән 55 миллион километрда, Венера 40 миллион километрда тора. Шунсы кызык: Аполлон планетасы Венерага тагын да якынрак килә; ул иң якын килгән вакытта аларның арасы 200 000 километр гына кала (димәк, безнең Айдан да ике тапкыр якынрак дигән сүз).

Безнең иң якын күршебез булып саналган Аполлон планетасы — иң кечкенә планеталарның берсе. Аның диаметры 2 километр чамасында гына. Мондый кечкенә планетаны астрономнар „валчык кадәр генә" дип йөртәләр. Валчык кадәр генә астероид белән якынрак танышыйк. Аның күләмен исәпләсәк:

$$0,52\ км^3 = 520\,000\,000\ м^3 \text{ килеп чыга.}$$

Әгәр ул граниттан төзелгән булса (тимердән төзелгән булуы да бик мөмкин), ул вакыт аның авырлыгы:

1 500 000 000 тонна була.

Шундый авырлыктагы материалдан Мисырдагы Хеопс пирамидасы шикелле 300 пирамида эшләргә мөмкин булыр иде. Безнең Советлар Союзында бөтен тимер юллар һәм пароходларның бер ел эчендә ташыган йөкләре ул „валчык кадәр" планета авырлыгыннан 3 тапкыр кимрәк.

Күрәсез: астрономнар телендә „валчык кадәр" дигән планета нинди зурлыкта була?

Башка планеталарның күкләре

Уй белән дөньяның кай җирләренә генә барырга мөмкин түгел? Уй белән җир йөзенең төрле урыннарына гына түгел, күктәге йолдызларга, планеталарга да барырга һәм аларның берсеннән берсенә күчеп йөрергә дә була.

Әгәр төрле планеталарга бара алсаң, аларның күкләрен карап йөри аласың, бер планетада карап туйгач, икенчесенә очып китәсең...

Әйдәгез, „уй корабына" утырып планеталар арасында юлга чыгып китәбез! Уй безне теләсә кая очыртып алып бара ала ул.

Иң элек Венерага очып барып төшәбез. Әгәр анда атмосфера җитәрлек кадәр үтә күренә торган булса, аның күгендә без Кояшны җир күгендәгедән 2 тапкыр зур итеп күрәбез. Шуңа күрә Кояш Венера өстендә ике мәртәбә күбрәк җылыта. Без эссе Венера өстендә йөри торгач, кич була, Кояш бата, йолдызлар калка. Без анда җир күгендә күренмәгән искиткеч якты йолдыз күрәбез. Ул — безнең Җиребез. Җирдән караганда Венера үзе алай ук якты күренмәсә дә, Венерадан караганда Җир бик күп өлеш яктырак булып күренә. Венера белән Җирнең зурлыклары бер тигез диярлек. Шулай булгач, Җирнең Венерага караганда яктырак булып күренүенең сәбәбе нәрсәдә соң? Аның сәбәбе шул: Венера Кояшка безнең Җирдән якынрак торып әйләнә. Шуңа күрә Венера безнең Җиргә иң якын килгән вактында без аны бөтенләй күрмибез, чөнки ул вакыт ул безгә үзенең яктыртылмаган ягы белән карый. Безгә күренсен өчен, ул бездәнераграк китәргә тиеш. Бераз ераккa киткәч, Венера безгә яңа туган ай шикелле булып, уракланып күренә башлый (Венера туа). Венерадан караганда, Җир аңа иң якын торган вакытта тулы килеш якты булып күренә. Шулай тулы күренгән чакта Җир Венераның тулы вактындагы күренешеннән алты тапкыр яктырак күренә.

Җир белән бергә Венера өстен, Җирнең юлдашы булган Ай да яктырта. Анда Айның яктылыгы безгә күренгән Сириус йолдызыныкыннан 4 тапкыр артыграк. Венера күген бизәкләп тора торган Җир белән Ай шикелле матур куш йолдыз башка планеталар күгендә булырмы икән?! Аларны Венера күгендә аерым-аерым килеш гади күз белән ачык күреп булмас, ләкин телескоптан кара-

ганда Айны аерым килеш күрү генә түгел, андагы кайбер нәрсәләрне дә күреп булыр иде.

Венера күгендәге икенче якты йолдыз — Меркурий; ул анда кич белән дә, иртә белән дә күренә. Меркурий Венера күгендә безнең Җир күгендәгедән 3 тапкыр яктырак була. Ләкин Марс анда $2^1/_2$ тапкыр тонырак булып тора; шулай ук Юпитер дә аз гына тонырак күренә.

Венерада башка йолдызлар ничек күренәләр соң? Безнең күктә ничек күренсә, Венера күгендә дә шул ук күренеш. Венерага гына түгел, теләсә кайсы планетага барып карасаң да, без аларның һәммәсендә дә йолдызларны бер үк төстә күрер идек. Чөнки йолдызлар чиксез еракта булганлыкларыннан аларның һәрбер планетадагы күренеше шул ук рәвештә кала.

*

Венера планетасыннан Меркурий планетасына барып төшәбез. Ул үзенә-бер-төрле искиткеч планета: анда атмосфера юк, көн белән төн дә алмашынып тормый. Анда кояш дискы Җирдәгедән 6 тапкыр зуррак булып күренә һәм һаман бер урында „асылып" тора. Меркурий күгендә Венераның якты йолдыз булып тора. Безнең Җир анда бездә күренгән Венерадан ике тапкыр яктырак күренә.

*

Марс планетасына китәбез. Аның күгендә Кояш бездәгедән ике тапкыр кечкенәрәк булып күренә. Безнең Җир анда иртәнге һәм кичке йолдыз булып, һәм бездәге Юпитердән тонырак булып күренә. Анда Җир бер вакытта да тулы килеш күренми. Марстагылар, иң күп дигәндә дә безнең Җиребезнең дүрттән өч өлешен генә күрә алалар. Марста телескоптан караганда Айны да күрергә мөмкин.

Марс күгендә аның ике ае да күренәләр; ул айларның берсе — Фобос, икенчесе — Деймос. Марска иң якын торганы Фобос булып, аның диаметры 15 километр чамасы гына булса да, ул Марс күгендә, бездәге Венерадан 25 тапкыр яктырак күренә. Марсның икенче юлдашы булган Деймос, Фобоска караганда, тонырак күренә. Марстагылар үзләренең „айлары"ның яңа туган һәм бетеп бара торган вакытларын телескоп аша гына күрә алалар.

Әгәр Марсның иң якын ае булган Фобоска очып барып, анда күк йөзенә карасак, аның күгендә искиткеч якты Марсны күрер идек. Марсның Фобосны яктыртуы безнең Айның Җирне яктыртуыннан берничә мең тапкыр көчлерәк.

*

Хәзер иң зур планета булган Юпитергә очып барып төшәбез. Юпитер күге ачык булган вакытта, Кояшны без анда Җирдәгедән 25 тапкыр кечкенәрәк итеп күрер идек. Шулай булгач, аның яктыруы да шул кадәр тап-

23 нче рәсем. Үзенә иң якын торган өченче иярчене (ае) өстеннән караганда Юпитернең күренеше.

кыр кимрәк була. Биш сәгатьлек кенә кыска көн артыннан төн килә. Йолдызлар калкып чыга. Без алар арасыннан үзебезгә таныш булган планеталарны эзлибез. Читенлек белән булса да аларны эзләп табабыз; ләкин алар танылмаслык булып үзгәргәннәр. Меркурий кояш нурлары арасында бөтенләй күренми дә. Венера белән Җирне кичкырын телескоп аша гына күрәбез — Кояш батканда алар да баталар. Марс начар гына күренә. Ә Сатурн планетасы Сириус йолдызыннан да яктырак булып янып тора.

Юпитер күгендә иң якты күренә торган нәрсәләр аның үз тирәсендә әйләнеп йөри торган айлары. Алар барсы да бик якты булып күренәләр. Бигрәк тә аның I, II, III нче иярченнәре аеруча урынны тоталар. Юпитердән караганда, аларның дисклары Кояштан зуррак булып күренә. Сатурнның барсы 9 ае бар.

Әгәр Юпитернең иң якын иярчененә барып, Юпитернең үзен карасак, искиткеч күренешкә хәйран калыр идек. Аның күгендә без бик зур шардан гыйбарәт Юпитерне күрәбез. Чамалап карасак, аның дискы безнең Ай дискыннан 100 тапкыр диярлек артыграк булып тора. Аның яктыртуы да Кояшныкыннан 6 — 7 тапкыр гына кимрәк. Аның түбәнге кырые горизонтка тисп торганда югары кырые күк гөмбәзенең яртысына җитеп тора (23 нче рәсем). Горизонт артына кереп баткан чакта аның кырые күз күреме сызыгының сигездән бер өлешен алып тора. Юпитернең башка юлдашларының күләгәләре Юпитер өстендә кечкенә кара түгәрәк таплар шикелле генә булып күренәләр.

Инде Сатурн планетасына барабыз. Сатурн үзенең тирәягындагы искиткеч боҗралары белән дан тота. Без шул боҗраларның ничек күренүен карыйбыз. Ул боҗралар Сатурн өстенең һәммә җирендә дә күренмиләр. Аның полюсларыннан алып 64 нче параллель сызыгына кадәр алар бөтенләй күренми. 64 нче параллельдән экваторга таба бара башлагач, иң элек тышкы боҗрасының кырые күренә. Бу боҗра башта сызык кебек кенә тора; экваторга таба киткән саен — ул киңәя бара. 35 нче параллель сызыгына барып җиткәч, үзенең бөтен киңлеге белән күренә. Аннан да узып, экваторга тагын да якынрак килгәч, ул боҗралар тагын таррак күренә башлыйлар. Экваторда инде, боҗралар сызык шикелле генә булып күренәләр.

Монда шуны да искә алырга кирәк: Кояш Сатурн боҗраларының бер генә ягын яктыртып тора, ә икенче ягы һәр вакыт күләгәдә тора. Шунлыктан, ул боҗраларны шул яктыртылган ягыннан гына күреп була.

Кояш һәм планеталар турында тагын берничә сүз

Планеталар турында сүзне бетерер алдыннан, Җир белән чагыштырганда Кояшның һәм планеталарның зурлыклары ничек булуына да бераз тукталып китү артык булмас.

Кояшның диаметры 1 390 600 километр. Җирнең уртача диаметры 12 757 километр. Димәк, Кояш диаметры буенча Җир шары кебек шарлар тезеп чыксак, шундый

109 шар кирәк булыр иде. Кояшның күләме Җирдән 1 300 000 тапкыр артыграк. Икенче төрле әйткәндә, әгәр Кояш шарының эче куыш булып, аның эченә Җир шарлары кебек шарлар тутырсак, 1 300 000 шар кирәк булыр иде. Әгәр Җирдән башка планеталарның һәммәсен дә бергә кушып, шуннан Җир шикелле шарлар ясасаң, 2 200 җир шары килеп чыгар иде. Әгәр барлык планеталарны бергә кояш шары эченә тутырсаң, алар аның эчендә алты йөздән бер өлеш кенә урын алырлар иде. Димәк, Кояш үз тирәсендә әйләнеп йөрүче барлык планеталардан 600 тапкыр зуррак (күләме ягыннан карагамда) икән.

Кояшның массасына килсәк, ул Җир массасыннан 332 000 тапкыр артыграк. Кояшның уртача тыгызлыгы, су тыгызлыгы белән чагыштырсак, 1,4 чамасында була. Җирнең уртача тыгызлыгы — 5,52; бөтен планеталар арасында иң тыгыз булганы — Җир.

Ай диаметры 3 476 километр. Күләме — Җирнең йөздән ике өлеше кадәр. Массасы — Җир массасының йөздән бер өлеше кадәр. Җирдән уртача ераклыгы 384 400 километр.

Планеталарның зурлыклары һәм ераклыклары турында кирәкле санны тиз генә табар өчен түбәндәге таблицаларны китерәбез (72 нче биттән кара).

Кояш үзенә караганда бик күп өлеш кечкенә булган әллә никадәр планеталарны үз тирәсендә әйләндерә-әйләндерә, бөтен семьясе белән бергә үзе дә бер якка таба хәрәкәт итә. Димәк, планеталар, бердән — Кояш тирәсендә әйләнешеп йөрсәләр; икенчедән — Кояшка ияреп, Кояш барган якка таба да баралар. Бу хәрәкәт юлы бер тәүлек эчендә миллион ярым километр чамасында була. Димәк, кояш үзенең бөтен планеталары белән бүген бер урында булса, иртәгә бу вакытта ул урыннан бер миллион биш йөз мең километр киткән була.

Планеталарның һәм кояшның һаман билгеле бер тәртип белән туктаусыз хәрәкәт итүе озак дәвам итәрме соң?

Нинди дә булса берәр планета яки берәр йолдыз аларның юлына кереп, аларның хәрәкәтенә тәэсир иткәнгә чаклы алар үзләренең шул бер җайга салынган хәрәкәтләрендә дәвам итәчәкләр. Әгәр шундый берәр әйбер безнен планеталар системасы юлына килеп керсә, бөтен дөнья катастрофасы дигән гаять зур катастрофа булырга мөмкин.

Планеталарның зурлыклары, массалары, иярченнәре

Планеталарның исемнәре	Уртача диаметры			Күләм (Жир=1)	Тыгызлыгы		Масса (Жир=1)	Ничә иярчене бар?
	Күренү почмагы (секундлар)	Чын зурлыгы			Жир=1	Су=1		
		ничә *км*	Жир=1					
Меркурий	13—4,7	5000	0,39	0,06	0,7	3,87	0,04	—
Венера	64—10	12400	0,97	0,92	0,88	4,86	0,81	—
Жир	—	12757	1	1	1	5,52	1	1
Марс	25—3,5	6770	0,53	0,15	0,72	3,96	0,11	2
Юпитер	50—30,5	142700	11,2	1312	0,24	1,34	317	9
Сатурн	20,5—15	120800	9,5	763	0,13	0,71	95	9
Уран	4,2—3,4	49700	3,9	59	0,23	1,27	15	4
Нептун	2,4—2,2	53000	4,2	72	0,29	1,58	17	1
Плутон	0,2?	60 00?	0,5?	0,1?	—	—	0,7?	?

Планеталарның ераклыклары, әйләнеп чыгулары һәм тарту көчләре

Планеталарның исемнәре	Кояштан уртача ераклыгы		Орбитасының эксцентриситеты	Кояш тирәсендә ничә елда әйләнеп чыга	Орбита буенча йөргәндә уртача тизлеге *км/сек*	Үз күчәре тирәсендә ничә сәгаттә бер әйләнеп чыга	Жир орбитасы яссылыгына карата экватор авышлыгы	Тарту көче (Жир=1)
	астрономия берәмлеге белән	млн *км* белән						
Меркурий	0,387	58	0,21	0,24	48	88 көн?	?	0,27
Венера	0,723	108	0,07	0,62	35	?	?	0,85
Жир	1	149,5	0,017	1	29,76	23 *с* 56 *м*	23° 27′	1
Марс	1,524	228	0,093	1,88	24	24 *с* 37 *м*	25° 10′	0,38
Юпитер	5,203	778	0,05	11,86	13	9 *с* 51 *м*	3° 7′	2,64
Сатурн	9,539	1426	0,06	29,46	9,6	10 *с* 15 *м*	26° 45′	1,17
Уран	19,191	2869	0,05	84,02	6,8	10,8 *с*	98°	0,92
Нептун	30,071	4496	0,008	164,8	5,4	15,7 *с*	151°	1,12
Плутон	39,600	5918	0,25	249,2	4,5	—	—	—

IV

Йолдызлар

Ни өчен йолдызлар җемелдиләр, ә планеталар тыныч кына яктыралар?

Күк картасын белмәгәндә дә йолдызны планетадан аерып белү бик ансат. Планеталар тыныч кына яктырып торалар; ә йолдызлар, әле гөлтләп кабынып киткән, әле калтыранып киткән шикелле үзләренең яктыртуларын һаман алмаштырып-җемелдәшеп торалар. Шул ук вакытта аларның күбесе әле бер, әле икенче төстә яктылык чәчәләр. Атаклы астроном Фламмарион бу турыда: „Аларның яктылыгы әле көчәя, әле зәгыйфләнә, бер карасаң,— алар ак, икенче карасаң,— яшел яки кызыл булалар; шул арада, алар алмаз кебек ялтырашып, бөтен күк сахрасына җан кертәләр, әйтерсең — җир өстенә меңнәрчә күзләр карашып торгандай төсле була...", дип яза. Кышкы суык һәм җилле төннәрдә, шулай ук яңгырдан соң күк болытлардан ачылып киткәч, йолдызлар бигрәк тә көчле һәм матур булып җемелдәп торалар. Горизонтка якынрак торган йолдызлар югарыдарак торган йолдызларга караганда күбрәк җемелдиләр. Саргылт һәм кызгылт йолдызларга караганда ак йолдызларның җемелдәүләре артыграк була.

Йолдызларның җемелдәп торулары үзләренә бәйләнмәгән. Нурлары безнең күзебезгә җир атмосферасы аркылы үтеп килгәнгә, йолдызлар безгә җемелдәп торган шикелле күренәләр. Әгәр атмосфера булмаса, алай күренмәсләр иде. Җир өстендәге һич туктаусыз хәрәкәтләнеп тора торган һава катлавыннан югарырак күтәрелеп карасак, йолдызларның тыныч кына һәм һаман бер төсле генә яктырып торуларын күрер идек.

Бик кызу җәй көннәрендә Җир өстендәге төрле әйберләр тирбәнеп, дулкынланып торган шикелле күренәләр. Кызу көннәрдә һаваның хәрәкәтләнүе аларның шулай күренүенә сәбәп була.

Җир атмосферасының төрле катлаулары төрлечә тыгызлыкта һәм төрлечә температуралы булалар. Шул сәбәпле яктылык нурлары ул катлауларда төрлечә сыналар, ягни үзләренең юнәлешләрен төрлечә үзгәртәләр. Шуның өстенә тагын, ул катлаулар һич туктаусыз урын алыштырып торганлыктан, яктылык нурларының юнәлешләре тагын да көчлерәк үзгәрә. Йолдызлардан килә торган нурлар да шул һава катлаулары аша үтеп чыканда, үзләренең туры юлларыннан бик нык авышалар һәм кайчакта күпләп бер җиргә җыелалар, кайчакта чәчелешеп китәләр. Менә шул сәбәпле йолдызларның яктырулары һаман үзгәреп торган шикелле була. Ак яктылык нурлары сынган вакытта аларның төрле төсләрдәге нурларга да аерылуы мөмкин; шунлыктан, йолдызларның яктыртулары гына түгел, төсләре дә алмашынып тора. Кешенең күз бәбәге (күз алмасының карасы) бик кечкенә булганга, күз эченә тыгызланган нурлар да, сирәкләнгән нурлар да бер үк вакытта керә алмыйлар. Алар күз эченә берсе артыннан берсе чиратлашып кереп торалар, шуның аркасында йолдызлар җем-җем итеп торгандай тоела.

Планеталар ни өчен җем-җем итеп тормыйлар соң? Алар нилектән тыныч кына яктырып торалар? Аның сәбәбе шул. Планеталар йолдызларга караганда бик күп тапкыр безгә якынрак торалар. Шуңа күрә алар безгә, йолдызлар шикелле якты нокта булып кына түгел, якты тәлинкә, яки якты тәңкә шикелле булып күренәләр. Андый яктыручы „тәлинкәләрнең“ һәрбер ноктасы аерым-аерым рәвештә җем-җем итеп торсалар да, аларның берсе яктырганда икенчесе караңгылана төшкәнлектән, берсенең яктыруы икенчесенең караңгылануын юкка чыгара. Шуның аркасында якты тәлинкәнең җемелдәве сизелми. Шул сәбәпле планеталар тыныч кына яктырып күренәләр.

Көндез йолдызлар күренәме?

Елның билгеле вакытларында кайбер планеталарны көндез дә күрергә мөмкин булса да, йолдызларны көндез күрә алмыйбыз. Шуңа күрә, көндез күктә йолдыз юк, дип сөйләргә гадәтләнгәнбез. Ләкин көндез дә күктә йолдызлар тулып яталар. Безнең җир шары үз күчәре тирәсендә дә, Кояш тирәсендә дә әйләнеп йөргәнлектән, без елның беренче яртысында төнлә белән күкнең бер ягын күрәбез, ә елның икенче яртысында күкнең икенче

ягын күрәбез. Шулай итеп, көндезге күктә булган йолдызлар ярты елдан соң төнге күктә күренә башлыйлар.

Көндез күктә йолдызлар ни өчен күренми соң? Моның сәбәбе ачык: кояш нурлары җир атмосферасына килеп кергәч, бик нык чәчелеп китәләр; шуның аркасында йолдызлардан килә торган нурлар бөтенләй югалып, күренмәс булып калалар. Биек тау башларына менеп караганда, кайбер яктырак йолдызларны көндез дә күрергә мөмкин. Чөнки анда һава катлавы түбәндәгә шикелле тыгыз һәм тузанлы түгел.

Кечкенә генә бер тәҗрибә ясап караганда, йолдызларның көндез күренмәүләренең сәбәпләрен бик тиз аңларга була. Кагәздән ясалган тартманың бер як стенасына күктәге берничә йолдызга ошатып тишекләр тишәбез. Ул тишекләр өстенә тышкы яктан ак кагәз ябыштырабыз. Шуннан соң, аны караңгы бүлмәгә алып кереп, эченә лампа куеп яктыртабыз. Шул вакыт әлеге тишекләр йолдызлар шикелле яктырып күренәләр. Бусы төнлә белән йолдызларның ничек күренүләрен аңлата. Әгәр шул чакта бүлмәдә бик көчле лампа кабызсак, тартмада күренгән ясалма йолдызлар бөтенләй юкка чыгалар. Моңардан без көндез йолдызларның ни өчен күренмәвен аңлыйбыз.

Тирән коелар яки шахталар төбеннән караганда йолдызларны көндез дә күрергә мөмкин, дип сөйләүчеләр бар. Ләкин тикшереп караулардан соң бу сүзнең дөрес түгеллеге беленде. Чөнки тирән коелар гына атмосфера комачаулавын юкка чыгара алмыйлар.

Телескоп аша караганда кайбер йолдызларны көндез дә күрергә була. Чөнки телескоп эчендәге линзалар яки көзгеләр йолдыз нурларын күбрәк җыеп бирәләр. Мәсәлән, объективы *7 см* лы трубадан караганда көндез беренче дәрәҗә, хәтта икенче дәрәҗә зурлыктагы йолдызларны күреп була.

Кай вакытларда Венера, Юпитер һәм Марс кебек планеталарның көндез дә күренүләре аларның башка йолдызлардан яктырак булуларыннан килә.

Йолдызларның зурлык дәрәҗәләре дип нәрсәгә әйтәләр?

Йолдызлар төрлесе төрлечә яктыралар. Шул яктылыкларына карап аларны төрле дәрәҗәләргә бүләләр. Мәсәлән, беренче дәрәҗә, икенче дәрәҗә зурлыктагы

йолдызлар дип йөртәләр. Монда йолдызның зурлыгы дигән сүздән аның геометрик зурлыгын түгел, бәлки безгә күренгән **я к т ы л ы г ы н** аңларга кирәк.

Кич белән иң элек күренгән яктырак йолдызлар беренче дәрәҗә зурлыктагы йолдызлар дип, аннан соңрак күренгәннәре 2 нче, 3 нче, 4 нче, 5 нче һәм 6 нчы дәрәҗәдәге йолдызлар дип йөртеләләр. Алтынчы дәрәҗәдәге йолдызлар — коралсыз күзгә бик читенлек белән генә күренә торган йолдызлар булалар. Шушы рәвештә, яктылыкларына карап аларны бик борын заманда ук төрле классларга бүлгәннәр. Ләкин өстән генә чагыштырып бүлү соңгы астрономнарны канәгатьләндермәгән. Шуңа күрә алар йолдызларны дәрәҗәләргә бүлү өчен билгеле бер шкала төзегәннәр. Ул шкаланың төп нигезе: беренче дәрәҗә зурлыктагы йолдызлар барсы да бер тигез яктылыкта булмасалар да гомумән алганда алар икенче дәрәҗә зурлыктагы йолдызлардан ике ярым тапкыр яктырак күренәләр; ә икенче дәрәҗә зурлыктагы йолдызлар өченче дәрәҗәдәгеләрдән ике ярым тапкыр яктырак булалар. Кыскасы, бер билгеле дәрәҗәдәге йолдызлар үзләреннән бер дәрәҗә түбән йолдызлардан ике ярым тапкыр яктырак булалар. Шушы хисап белән тикшергәндә, 1 нче дәрәҗә зурлыктагы йолдызлар алтынчы дәрәҗә зурлыктагы йолдызлардан 100 тапкыр яктырак булып чыгалар.

Билгеле дәрәҗәдәге йолдызлар классына кертелгән йолдызлар барсы да бер тигез яктылыкта булмыйлар. Мәсәлән, беренче дәрәҗә зурлыктагы йолдызларны алсак, алар арасындагы уртача йолдыздан 2,5 тапкыр яктырак булганнары да бар. Аларны нинди дәрәҗәгә кертәләр соң? Бердән алда нуль тора, шулай булгач, ул йолдызларны „нуль дәрәҗәдәге“ йолдыздар дип алырга туры килә. Беренче дәрәҗәдәге йолдызлардан 2,5 тапкыр яктырак булган йолдызларны нуль дәрәҗәгә кертсәк, 1 тапкыр, яки 1,5 тапкыр яктырак йолдызларны нинди дәрәҗәгә кертергә кирәк? Билгеле, аларны беренче дәрәҗәгә дә, нуленче дәрәҗәгә дә кертеп булмый, чөнки алар бер һәм нуль зурлыклары арасында торалар. Шулай булгач, андый йолдызларны „0,9 дәрәҗәдәге“, „0,6 дәрәҗәдәге“ йолдызлар дип атарга тиеш булабыз. Ул йолдызлар беренче дәрәҗә йолдызлардан яктырак булалар.

Нуленче дәрәҗә зурлыктагы йолдызлардан яктырак йолдызлар да бар. Андый йолдызларның дәрәҗәләрен

нульнең икенче ягында торган саннар белән, яки алгебра теле белән әйтсәк, кире саннар белән билгелиләр. Димәк, алар „минус 1“, „минус 2“, „минус 1,6“ яисә „минус 0,9“ шикелле алгы якларында минус булган саннар белән билгеләнәләр.

Астрономнар йолдызларның „зурлык дәрәҗәләрен“ фотометр дигән прибор ярдәмендә билгелиләр. Фотометр ярдәмендә яктылык көче билгеле булган йолдыз белән, яки приборның үз эчендәге „ясалма йолдыз“ белән башка йолдызларны чагыштыралар.

Әгәр Кояшны исәпкә алмасак, күктә иң якты йолдыз — Сириус. Аның зурлык дәрәҗәсе: „минус 1,6“. Көньяк киңлек сызыкларында гына күренә торган Канопс дигән йолдызның зурлык дәрәҗәсе „минус 0,9“. Күкнең төньяк ярты шарындагы иң якты йолдыз — Вега. Аның яктылык дәрәҗәсе 0,1. Капелла һәм Арктур йолдызларының яктылык дәрәҗәләре 0,2, Ригельнеке 0,3, Проционныкы 0,5, Альтаирныкы 0,9 (монда сез 0,5 дәрәҗәле йолдызның 0,9 дәрәҗәле йолдыздан, 0,3 дәрәҗәле йолдызның 0,5 дәрәҗәле йолдыздан яктырак икәнен истә тотыгыз).

Югарыда сөйләнгәннәрне кыскача җыеп әйткәндә, йолдызларның яктылык дәрәҗәләре болай бүленә: нульдән башлап уңай якка таба киткән саннар (1, 2, 3, 4,... һәм башкалар) никадәр зур булсалар, шул сан дәрәҗәсенә кертелгән йолдызның яктылык дәрәҗәсе (яки зурлык дәрәҗәсе) шул кадәр азрак икәнен белдерәләр. Нульдән башлап кире якка таба киткән саннар (—1, —2, —3 һәм башкалар) никадәр зур булсалар, шул сан белән билгеләнгән йолдызның яктылык дәрәҗәсе шул кадәр зур икәнен белдерәләр. Мәсәлән, Кояш безгә иң якын һәм иң якты йолдыз. Астрономия телендә — аның яктылык дәрәҗәсе „минус 27“ дип йөртелә.

Монда без күктәге иң якты йолдызларның яктылык дәрәҗәләрен күрсәтеп китәбез (җәя эчендә аларның нинди йолдызлар төркеменә керүе күрсәтелгән):

Сириус (Зур эт)	1,6
Канопус (Караб)	0,9
Альфа центавр	0,1
Вега (Лира)	0,1
Капелла (Возничий)	0,2
Арктур (Волопас)	0,2
Ригель (Орион)	0,3
Процион (Кече эт)	0,5
Ахернар (Эридан)	0,6

Бета центавр	0,9
Бэйтельгаез (Орион)	0,9
Альтаир (Орел)	0,9
Поллукс	1,2
Антарес (Скорпион)	1,2
Денеб	1,3

Монда шуны нык истә калдырырга кирәк: югарыда сөйләнгәнчә, йолдызларны яктылык дәрәҗәләренә карап төрле классларга бүлгәндә аларның асылда булган сыйфатлары искә алынмый. Йолдызларның яктылык дәрәҗәләрен билгеләгәндә бары безнең Җир өстенә килеп җиткән яктылыклары гына исәпкә алына.

Алтынчы дәрәҗәдәге йолдызларның телескопсыз гына караганда да күренүләре мөмкин. Җиденче дәрәҗә зурлыктагы йолдызларны инде телескопсыз бөтенләй күреп булмый. Уналтынчы дәрәҗә зурлыктагы йолдызлар бик көчле телескоп белән караганда гына күренәләр.

Күз һәм телескоп

Йолдызларны телескоп белән һәм телескопсыз гына карау арасындагы аерманы тикшереп карыйк.

Кешенең күз алмасы эченә яктылык аның бәбәге (күзнең бердәнбер яктылык керү тишеге) аркылы керә[1]. Күз бәбәгенең диаметрын (аркылысын) 5 *мм* чамасы дип хисаплыйбыз. Биш сантиметрлы линза куелган көпшә аркылы үтеп кергән нурлар 5 *мм* лы күз бәбәге аша кергән нурлардан 100 тапкыр артыграк була[2]; аркылысы 50 сантиметрлы линза аша кергән нурлар 10 000 тапкыр артыграк була. Шулай итеп, линзалы труба аша караганда йолдызларның яктылыгы бик күп тапкыр арта.

Моны белгәннән соң, сез нинди дәрәҗә яктылыктагы йолдызны күрү өчен телескоп объективының диаметры күпме булырга тиешлеген дә исәпләп чыгара аласыз. Ләкин, аның өчен объективы билгеле бер зурлыкта булган телескопның нинди дәрәҗә яктылыктагы йолдызларны күрсәтә алуын белергә кирәк. Мәсәлән, карый торган тишегенең диаметры 64 *см* булган телескоп белән караганда 15 нче дәрәҗә зурлыктагы йолдызларны да күрер-

---

[1]) Күз бәбәге — русча зрачок.

[2]) $\left(\frac{50}{5}\right)^2=100.$

гә мөмкин булсын, ди. Уналтынчы дәрәҗә зурлыктагы йолдызларны күрү өчен телескопның объективы нинди зурлыкта булырга тиеш соң? Бу мәсьәләне чишү өчен пропорция төзибез:

$$\frac{x^2}{64^2}=2,5,$$

монда x — безгә кирәкле объективның диаметры. Бу тигезләмәдән x — ны табабыз:

$$x=64.\sqrt{2,5}\approx 100 \text{ см.}$$

Шулай итеп, 16 нчы дәрәҗә яктылыктагы йолдызны күрү өчен аркылысы 1метр булган объективлы телескоп кирәк була.

Кояш Айга караганда ничә тапкыр яктырак күренә?

Йолдызларның яктылык дәрәҗәләре ничек билгеләнүен һәм аларның шкаласын югарыда сөйләгән идек (йолдызларның зурлык дәрәҗәләре нәрсә, дигән мәкаләне укыгыз). Йолдызлар шкаласы буенча Кояшның яктылык дәрәҗәсе минус 26,8 саны белән, ә тулган айның яктылык дәрәҗәсе минус 12,7 саны белән, билгеләнә. Аларның яктылык дәрәҗәләре ни өчен кире сан белән билгеләнүен югарыда тикшереп узган идек инде. Кире сан белән билгеләнгән йолдызлар уңай сан белән билгеләнгән йолдызлардән бик күп өлеш яктырак булалар.

Кояшның һәм Айның яктылык дәрәҗәләрен күрсәткән саннарны чагыштырып карагыз. Кояшныкы — минус 26,8, Айныкы — минус 12,7. Шулай итеп, Кояшның йолдызча зурлык дәрәҗәсе Айныкыннан 2 мәртәбә генә артык булып чыга. Моны ничек дип аңларга кирәк? Кояш Айдан 2 генә тапкыр яктыракмыни?

Әлбәттә, юк. Монда аларның яктылыкларын чагыштыру өчен ул ике санны бер-берсенә бүлү генә ярамый.

Әгәр Кояшның йолдызча яктылык дәрәҗәсе минус 26,8 булса, Кояшның яктылыгы беренче дәрәҗә зурлыктагы йолдыз яктылыгыннан $2,5^{27,8}$ мәртәбә артыграк була.

Айның яктылыгы беренче дәрәҗә зурлыктагы йолдыз яктылыгыннан $2,5^{13,7}$ мәртәбә артыграк була.

Кояшның яктылыгы Ай яктылыгыннан ничә мәртәбә артыграк икәнен белер өчен без шушы ике санны бер-берсенә бүләбез:

$$\frac{2{,}5^{27{,}8}}{2{,}5^{13{,}7}} = 2{,}5^{14{,}1} = 437\,000.$$

Шулай итеп, Кояш яктылыгы Ай яктылыгыннан 437 000 мәртәбә артыграк булып чыга. Икенче төрле әйткәндә, бу—аяз көнне Кояшның жир йөзен яктыртуы тулган Ай яктыртуыннан 437 000 мәртәбә артык, дигән сүз.

Айның жир йөзенә биргән җылылыгы да аның яктылык нурларына карап була. Шулай булгач, Айның жир йөзен җылытуы Кояш җылытуыннан 470 000 мәртәбә азрак дигән сүз. Жир атмосферасы өслегенең һәр квадрат сантиметрына Кояш минутка 2 кечкенә калория җылылык биреп тора. Айның һәр минут саен бер квадрат сантиметр йөззурлыгына биргән җылылыгы бер кечкенә калориянең бары 220 000 нән бер өлеше генә була. Икенче төрле әйткәндә, әгәр Айның Җиргә биргән җылылыгы белән су җылытсаң, бер грамм су бер минутта 1 градусның 220 000 нән бер өлеше кадәр генә җылыныр иде (бер грамм суны 1° ка җылытырга 15 тәүлек чамасы вакыт кирәк). Шулай булгач, Ай жир йөзен аз гына да җылыта алмый дисәк тә, ялгыш булмас.

Кайбер кешеләр, тулган Айның нурлары күктәге болытларны эретеп жибәрәләр, дип сөйлиләр; бу сүзнең, әлбәттә, һичбер нигезе юк.

Төнлә күренә торган иң якты йолдыз—Сириус йолдызы, дигән идек. Сириус йолдызының яктылык дәрәҗәсе минус 1,6 саны белән билгеләнә. Кояшның Җиргә биргән яктылыгы Сириусның Җиргә биргән яктылыгыннан ничә тапкыр артыграк икәнен исәпләп карыйбыз:

$$\frac{2{,}5^{27{,}8}}{2{,}5^{2{,}6}} = 2{,}5^{25{,}2} = 10\,000\,000\,000.$$

Димәк, Кояшның Жир йөзенә биргән яктылыгы Сириус биргән яктылыктан ун миллиард тапкыр артыграк.

Тагын бер кызык нәрсәне исәпләп карыйбыз: тулган Айның жир йөзен яктыртуы телескопсыз гына күренә торган барлык йолдызлар яктыртуыннан ничә мәртәбә артыграк? Телескопсыз гына караганда күренә торган йолдызларның бөтенесенең яктылыгын бергә кушканда, аларның яктылыгы беренче дәрәҗә зурлыгындагы 100

6245. Кызыклы астрономия—6

йолдыз яктылыгына тигез булыр иде. Шулай булгач, без Ай яктылыгын беренче дәрәҗә зурлыктагы 100 йолдыз яктылыгы белән чагыштыра алабыз:

$$\frac{2{,}5^{13{,}7}}{100} = 3000.$$

Шулай итеп, тулган айның аяз төндә җир йөзенә биргән яктылыгы күзгә күренә торган йолдызларның яктылыгыннан 3000 тапкыр артык булып чыга. Бу санны күргәч, сез Айның яктылыгын бик артык зур дип уйламагыз тагы. Әгәр халыкара „шәм“ биргән яктылык белән Ай биргән яктылыкны чагыштырып карасак, ул шәмнең бер метр ераклыктан яктыртуы Ай яктылыгыннан 4 мәртәбә артыграк икәнен күрер идек.

Айны тагын менә нәрсә белән чагыштырырга мөмкин: яктылык көче 2 миллиард шәмгә тигез булган авиация прожекторын Ай белән бер тигез биеклеккә күтәреп куйсаң, ул 4,5 дәрәҗәле йолдыз шикелле күренер иде; димәк, аны телескопсыз да күрә алыр идек.

Кояш һәм йолдызларның чын яктылыклары

Без югарыда йолдызларның безгә күренгән яктылыклары турында гына сөйләдек. Төрле йолдызларның бездән төрлечә ераклыкта торуларын искә алмадык. Йолдызлар бездән төрле-төрле ераклыкларда торалар. Шуңа күрә аларның бер тигез яктылыкта булганнары да безгә төрле яктылыкта булып күренергә мөмкин. Әгәр йолдызларның барсын да үзебездән бер тигез ераклыкта тезеп куйсаң, аларның яктылыклары ничек булыр иде? Монда аларның кайсысының яктылыгы артыграк булыр иде?

Шул сорауга җавап бирсәк, без йолдызларның „абсолют“ яктылыкларын белер идек. Астрономиядә йолдызның абсолют яктылыгы дип аның бездән 10 „парсек“ ераклыкта торганда бирә алган яктылыгына әйтәләр. Парсек дип аталган ераклык үлчәве белән алдарак танышырбыз; хәзергә бер парсекның 30 000 000 000 000 *км* чамасында булуын гына әйтергә мөмкин.

Лампа никадәр ерак торса, аның төрле әйберләрне яктыртуы шулкадәр начар икәнен сез беләсез инде. Бу турыда физикада шундый закон бар: лампаның (яки башка берәр яктырткычның) әйбер өстен яктыртуы ул әйбер белән лампа арасындагы ераклык квадратына кире пропорциядә була. Димәк, бу закон буенча, лампаның

әйбердән ераклыгын ике мәртәбә арттырсаң, аның ул әйберне яктыртуы дүрт мәртәбә кими, әгәр аның ераклыгын өч мәртәбә арттырсаң, яктыртуы 9 мәртәбә кими.

Йолдызларның да чын яктылыкларын исәпләп чыгару өчен шул законнан файдаланалар.

Кояш бездән 150 миллион километр ераклыкта тора. Бу ераклык башка йолдызларның ераклыкларына караганда миллионнарча тапкыр азрак. Шуңа күрә Кояшның җир йөзен яктыртуы башка йолдызларга караганда миллионнарча тапкыр артыграк. Әгәр Кояш бездән 300 биллион километр (ун парсек) ераклыкта торса, аның безгә күренгән яктылыгы + 4,7 саны белән билгеләнгән йолдыз зурлыгы белән бер тигез булып калыр иде. Әгәр Сириус йолдызы шул ук ераклыкта булса, аның яктылык дәрәҗәсе + 1,3 саны белән билгеләнер иде. Моннан без шуны аңлыйбыз: Кояш белән Сириус икесе дә бездән бер ераклыкта торсалар, Сириусның Җирне яктыртуы Кояш яктыртуыннан артыграк. Сириусның абсолют яктылыгы Кояшның абсолют яктылыгыннан ничә тапкыр артыграк икәнен исәпләп чыгарабыз:

$$\frac{2{,}5^{3{,}7}}{2{,}5^{0{,}3}} = 2{,}5^{3{,}4} = 25 \text{ тапкыр.}$$

Кояшның абсолют яктылыгы Сириусныкына караганда 25 тапкыр ким булса да, уртача зурлыктагы йолдызлар абсолют яктылыгыннан Кояш яктылыгы 50 тапкыр артыграк. Димәк, Кояш йолдызлар арасында беренче урында тормаса да, бик түбән урында да тормый.

Бөтен күк дөньясында иң якты йолдыз

Күкнең көньяк ярты шарында Алтын Балык (Золотая Рыба) йолдызлары төркеме эчендә латинча Ş хәрфе белән билгеләнә торган бер йолдыз бар. Ул бездән Сириус йолдызына караганда да 12 000 тапкыр ераграк тора. Шундый чиксез ераклыкта булуына карамастан, аның безгә күренгән яктылык дәрәҗәсе + 8. Телескопсыз караганда ул бөтенләй күренми. Шулай булса да, ул йолдызның абсолют яктылыгы барлык йолдызларныкыннан да артык. Әгәр Сириусны ул йолдыз белән бер ераклыкка куйсаң, ул 19 нчы дәрәҗәдәге йолдыз гына булып калыр иде.

Ул искиткеч якты йолдызның абсолют яктылыгы күпме соң? Исәпләп карагач, аның абсолют яктылыгы минус 8 нче дәрәҗә килеп чыга. Икенче төрле әйткәндә, аның абсолют яктылыгы кояшныкыннан 240 000 тапкыр артыграк, дигән сүз. Әгәр ул Сириус йолдызы ераклыгында торса иде, аның җир йөзенә биргән яктылыгы яртылаш тулган ай яктысы кадәр булыр иде. Сириус йолдызын безгә бик якын йолдыз дип уйламагыз. Йолдызларның бездән нинди ераклыкта торулары белән тулы рәвештә алдарак танышырбыз. Шулай да, монда Сириус йолдызының ераклыгын Кояш ераклыгы белән чагыштырып китик. Кояш бездән 150 000 000 километрда тора. Кояш нурлары безгә 8 минут чамасында килеп җитәләр. Сириус йолдызының нурлары безгә 8 ел ярым чамасы вакыт эчендә генә килеп җитәләр. Ә инде югарыда сөйләнгән иң якты йолдыз — Сириустан да 12 000 тапкыр ераграк тора; шулай була торып та ул безгә шактый якты күренә (аның яктылыгы безгә 100 000 ел эчендә генә килеп җитә бит).

Ни өчен телескоп йолдызларны зурайтып күрсәтми?

Ай болай күз белән генә караганда да зур табак шикелле булып күренә. Айның шул түгәрәк күренешен ай дискы диләр. Айдан башка планеталар болай күз белән караганда алай диск булып күренмәсәләр дә, телескоп аркылы караганда алар да диск рәвешендә күренәләр. Телескоп аша караганда, ай дискы шактый зураеп күренә.

Телескоп аркылы йолдызларны карасаң, бөтенләй икенче хәл күрәсең: телескоп аларны зурайтып күрсәтми, бары яктырак нокта итеп кенә күрсәтә, бер йолдызны да диск рәвешендә итеп күрсәтми.

Беренче мәртәбә телескоп уйлап чыгарган һәм йолдызларны телескоп ярдәмендә беренче мәртәбә тикшерә башлаган Галилей дә йолдызлар белән планеталарның телескоп аша күренүләре арасындагы аерманы сизгән. Бу турыда ул болай язган:

„Труба аша караган чакта планеталарның һәм хәрәкәтсез йолдызларның ике төрле булып күренүләренә игтибар итәргә кирәк. Планеталар, кечкенә айлар шикелле, кырыйлары ачык билгеләнеп тора торган якты түгәрәкләр булып күренәләр; хәрәкәтсез йолдызларның кы-

рыйлары алай ачык беленеп тормый... Труба бары аларның яктылыкларын гына арттыра; әйтик, 5 нче, 6 нчы дәрәҗә зурлыктагы йолдызлар иң якты Сириус йолдызы белән бер тигез булып күренәләр".

Телескопның хәрәкәтсез йолдызларны зурайтып күрсәтә алмавының сәбәбен аңлар өчен күрүнең физикача һәм физиологиячә нигезләренә бераз тукталырга туры килә.

Күз алмасының иң әһәмиятле өлеше — аның арткы стенасындагы челтәр катлавы. Ул челтәр катлавы бөтенләй диярлек нервларның очлары белән капланып алынган. Күрү тойгысы шул нервлар аркасында хасыйл була. Берәр әйберне күрү өчен ул әйбернең сурәте челтәр катлавы өстенә килеп төшәргә тиеш. Яныбыздан китеп бара торган кеше артыннан карап торганда, ул кеше ераккарак киткән саен, күзнең челтәр катлавында ул кешенең сурәте кечерәйгәннән кечерәя бара. Бер билгеле ераклыкка киткәч, челтәр катлавында ул кешенең аягы һәм башы бер-берсенә бик якынаялар, хәтта алар челтәр катлавының ике ноктасына туры килмичә, икесе дә бер ноктага (бер нерв очына) туры киләләр. Ул вакыт безгә кешенең фигурасы бер нокта булып кына күренә. Әйбернең ике кырый ноктасыннан күз эченә килеп кергән ике нур арасындагы почмак — физикада **күрү почмагы** дип йөртелә. Әйбер никадәр ерак китсә, ул әйберне күрү почмагы шулкадәр кечерәя бара; шуның белән бергә, күзебезнең челтәр катлавында ул әйбернең сурәте дә кечерәя бара. Димәк, күрү почмагы белән әйбернең күренү зурлыгы арасында бәйлелек бар. Ерактан карый торган трубаның яки телескопның төп хезмәте — күрү почмагын зурайту. Әгәр телескоп „100 тапкыр зурайта" дисәк, аннан без, ул телескоп аша караганда күрү почмагы 100 тапкыр зурая, дип аңларга тиешбез. Әгәр бер әйбернең күренү почмагы — андый телескоп аркылы караганда да 1′ зурлыгындагы почмактан кечкенә булса, ул әйбер телескоп аша караганда да бер нокта гына булып күренә, ягни ул әйбернең аерым өлешләре ачык булып күренми.

Мең тапкыр зурайтып күрсәтә торган телескоп аркылы караганда, Ай белән бер тигез ераклыкта булган әйбернең ике ноктасы аерым-аерым булып күренсен өчен, ул ноктлар арасындагы ераклык кимендә 110 метр булырга тиеш; әгәр әйбер Кояш белән бер тигез ераклыкта торса, шул ук телескоп аша караганда, ул әйбер-

нең ике ноктасы аерым-аерым булып күренсен өчен, ул нокталар арасы 40 километрдан ким булмаска тиеш. Ә инде, безгә иң якын тора торган йолдызның ике ноктасын ачык күрү өчен ул нокталар арасы 12 000 000 километр булырга тиеш.

Безнең Кояшның диаметры (аркылысы) моннан 8,5 тапкыр кимрәк. Димәк, әгәр безнең Кояш безгә иң якын

24 нче рәсем. Дөньяда иң зур телескоп Америка Кушма Штатларында Вильсон тавындагы бсерваториядә. Аның көзгесенең диаметры 250 *см*.

торган йолдыз белән бер ераклыкка китсә, 1000 тапкыр зурайтып күрсәтә торган телескоп аркылы караганда да ул безгә тик бер нокта гына булып күренә. Көчле телескоплар аркылы караганда, түгәрәк диск рәвешендә күренсен өчен, безгә иң якын торган йолдызның күләме Кояш күләменнән 600 тапкыр артык булырга тиеш. Сириус ераклыгындагы йолдыз шулай күренсен өчен, ул Кояштан 5000 тапкыр зуррак булырга тиеш. Йолдызларның күбесе Сириустан да ераграк торалар. Ә аларның зурлыклары Кояштан ул кадәр күп артык түгел. Менә шуңа күрә дә иң көчле телескоп аша караганда да йолдызлар нокта шикелле генә булып күренәләр.

Әгәр телескоп йолдызларны зурайтып күрсәтми икән, аның нинди файдасы бар соң? Телескоп йолдызларның безгә күренү зурлыкларын арттырмаса да, аларның яктылыкларын көчәйтә. Шуның аркасында без, болай гына караганда бөтенләй күренми торган йолдызларны да күрә алабыз, ягни безгә күренә торган йолдызларның саны арта.

Телескопның икенче файдасы шул: болай күз белән генә караганда барсы бергә тоташкансыман булып күренә торган йолдызларны телескоп аерып күрсәтә. Телескоп йолдызларның безгә күренгән зурлыкларын арттыра алмаса да, күренә торган йолдызларның арасы ераклыгын зурайта ала. Шуның аркасында телескоп болай күзгә бер генә йолдыз булып күренгән йолдызларның ике, өч һәм аннан да күбрәк йолдызлардан торуын күрсәтә. Кайбер йолдызлар төркеме чиксез ерак булганга, телескопсыз гына караганда алар ак томан шикелле генә күренәләр, яки бөтенләй күренмиләр. Телескоп белән карасаң, анда меңнәрчә аерым-аерым йолдызлар чәчелеп ятканын күрәсең.

Аннан соң, телескопның өченче хезмәте: йолдызлар дөньясын өйрәнгән чакта төрле почмакларны үлчәргә кирәк була; телескоп шул почмакларны искиткеч зур төгәллек белән үлчәргә ярдәм итә. Хәзерге астрономнар 0,02 секунд зурлыгындагы почмакны да үлчи алалар.

Йолдызларның диаметрларын ничек үлчәгәннәр?

Иң көчле телескоп ярдәмендә дә, хәрәкәтсез торучы йолдызларның диаметрларын үлчәү түгел, аларны күрергә дә мөмкин булмавын югарыда аңладык. Күптән түгел

генә әле йолдызларның зурлыклары турында чама белән генә фикер йөртәләр иде. Һәрбер йолдызның зурлыгы чама белән безнең Кояш белән бер төслерәк дип уйлаганнар, ләкин ул турыда һичбер ышанычлы нигез булмаган. Йолдызларның диаметрларын үлчәр өчен хәзерге вакыттагы иң көчле телескоплардан йөзләрчә тапкыр көчлерәк телескоплар кирәк булганга, йолдызларның чын зурлыкларын белү мәсьәләсе чишелмәслек бер мәсьәлә булып саналган.

1920 нче елга кадәр ул мәсьәлә шулай торган. Шул елдан соң гына астрономнар йолдызларның чын зурлыкларын тикшерү өчен яңа юллар һәм кораллар тапканнар.

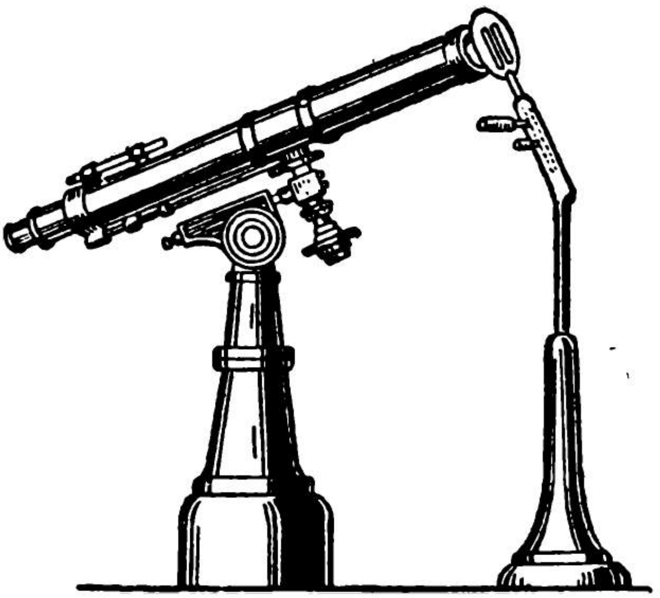
Астрономиянең шушы яңа уңышлары аңа иң якын торган физика фәне аркасында барлыкка килгән.

Йолдызларның зурлыгын үлчәү юлының төп нигезен кыскача аңлатып китәбез. Моның өчен Калифорниядә (Америка) Вильсон тавы өстендәге обсерваториянең директоры атаклы астроном профессор Хельнең сүзләрен китерәбез. Ул менә ничек аңлата:

„Йолдызларның зурлыкларын үлчәү юлының төп нигезен һәркем аңлый ала; аның өчен гади генә прибор белән тәҗрибә ясап карарга кирәк. Кара кагәз алып, ул кагәздә миллиметрның уннан бер өлешеннән дә таррак итеп ярык ясагыз. Аны бик көчле яктылык каршына вертикаль рәвештә утыртып куегыз. Аңардан 10—15 метр ераклыкта торып, артык көчле булмаган (мәсәлән, 30 тапкыр гына зурайта торган) труба аркылы шул ярыкны карагыз. Трубаның объективын капларга үтә күренми торган капкачы булсын; ул капкачта ике түгәрәк тишек булсын; аларның диаметрлары өчәр миллиметр, аралары 15 миллиметр булсын. Әгәр трубаның капкачын ачып куеп карасаң, кара кагәздәге ярык озынча тар вертикаль полоса булып, ә аның ике як-кырыенда зәгыйфрәк полосалар булып күренә. Трубаның капкачын ябып караганда, уртадагы якты полоса буйдан буйга вертикаль рәвештә кара полосалар белән бүленеп-бүленеп күренә (аның алай булып күренүе кара кагәз ярыгыннан килгән һәм трубаның ике тишеме аша үтеп, аның эченә кергән ике бәйләм яктылык нурының интерференциясе, ягни бергә кушылуы аркасында хасыйл була). Капкачның бер тишеген япсагыз, ул полосалар юкка чыгалар. Ике бәйләм яктылык нурлары бер-берсенә кушылганда гына алар хасыйл булалар.

Трубаның объектив капкачындагы тишекләр урын-

нарыннан күчерелә торган итеп эшләнгән булсалар, ул вакытта аларның арасын үзгәртергә дә мөмкин була. Әгәр ул тишекләрне бер-берсеннән ераклаштыра башласаң, интерференция нәтиҗәсендә туган кара полосалар нечкәргәннән нечкәрә барып, ахырда бөтенләй юкка чыгалар. Шул вакытта ике тишем арасындагы ераклык күпме булса, шул ераклык белән яктылык дулкыны озынлыгының (0,0005 *мм*) бер-берсенә чагыштырмасын белеп, кара кагәздәге ярыкның почмакча зурлыгын, ягни ярыкның нинди зурлыктагы почмак белән күренүен белергә була. Ә инде ул күрү почмагы һәм ярыкның трубадан нинди ераклыкта торуы да билгеле булгач, ярыкның киңлеген дә исәпләп чыгарырга мөмкин була. Әгәр дә ярык урнына кечкенә генә түгәрәк тишек алынган булса, аның диаметрын шул юл белән үлчәргә була, бары тик почмакча диаметрны 1,22 гә тапкырларга гына кирәк.



25 нче рәсем. Йолдызларның почмакча диаметрларын үлчәү приборының төзелешен аңлата торган схема. Объективның алгы ягында урыннарыннан күчә ала торган ике тишемле капкач.

„Йолдызларның диаметрларын үлчәгәндә дә без шул ук юлдан файдаланабыз. Ләкин йолдызларның почмакча зурлыклары үтә кечкенә булганлыктан, аларны үлчәр өчен бик көчле телескоплар кирәк була".

Югарыда сөйләнгән прибор „интерферометр" дип атала. Йолдызларның диаметрларын үлчәр өчен башка юл да бар. Ул юл йолдызларның спектрларын тикшерүгә нигезләнгән.

Йолдыз спектры буенча астроном аның температурасын белә. Аны белгәч, йолдызның һәрбер квадрат сантиметр өслегеннән күпме нур чыгып торуын да исәпләп чыгара ала. Шуның өстенә, йолдызның ераклыгы һәм безгә күренгән яктылыгы да билгеле булгач, ул йолдызның бөтен өслеге күпме нур чыгаруын да исәпләп чыгарып була. Әгәр аның бөтен өслегеннән чыккан нур микдарын бер квадрат сантиметрыннан чыккан нурга бүлсәң, йолдызның өске йөззурлыгы табыла; димәк, аның

диаметры да беленә. Шушы юл белән исәпләп, Капелла йолдызының диаметры Кояш диаметрыннан 45 тапкыр зуррак икәнен, Сириус йолдызыныкы 30 тапкыр зуррак икәнен белгәннәр. Шулай ук Тимер казык йолдызының (Полярная звезда) диаметры Кояш диаметрыннан 10 тапкыр, Вега йолдызыныкы 4 тапкыр артык икәнен белгәннәр.

Йолдызлар дөньясы гигантлары

Йолдызларның диаметрларын тикшерүләрдән соң искиткеч нәтиҗәләр килеп чыкты. Астрономнар күк дөньясында андый гигант зурлыктагы йолдызлар бардыр дип уйламыйлар иде. Иң беренче буларак, 1920 нче елда Орион төркемендәге гарәпчә Бейтельгайз дип аталган йолдызның диаметрын үлчәделәр. Аның диаметры Марс орбитасы диаметрыннан да артыграк булып чыкты. Икенче гигант — Скорпион төркемендәге Антарес дигән йолдыз булып, аның диаметры безнең Җир орбитасы диаметрыннан да 1,5 тапкыр озынрак. Димәк, ул йолдыз эченә Кояш та һәм орбитасы белән бергә Җир дә сыя алырлар иде. Болардан башка да гигант йолдызлар бар.

Андый гигант йолдызларның физик төзелешләре турында да бераз тукталып китик. Исәпләп карау нәтиҗәләре буенча, ул йолдызлар үзләре чиксез зур булсалар да, шул зурлыкларына чагыштырганда алардагы матдәнең микдары артык күп түгел. Алар безнең Кояшка карaганда берничә тапкыр гына авыррак; шуның белән бергә, күләмнәре Кояштан берничә миллион тапкыр артык. Мәсәлән, Бейтельгайз йолдызының күләме безнең Кояш күләменнән 40 миллион тапкыр артык. Әгәр аның авырлыгын күләменә бүлсәк, тыгызлыгы бик аз икәнен күрербез. Әгәр уртача алганда безнең Кояш матдәсенең тыгызлыгы су тыгызлыгына якын булса, гигант зурлыктагы йолдызларны төзегән матдәнең тыгызлыгы сирәкләнгән һава тыгызлыгына якын дияргә була.

Андый чиксез зур йолдызларның булуына, табигатнең бик сирәк очрый торган гаҗәп бер сере дип карарга ярамый. Андый гигант йолдызлар аз түгел. Һәрбер йолдызның, яки икенче төрле әйтсәк, күк дөньясындагы һәрбер кояшның шундый сирәк газсыман хәлдәге чиксез зур шар булып торган чоры әлбәттә узып киткән, яки аларның кайберләре әнә шул чорда торалар. Безнең Коя-

шыбыз да кайчандыр — моннан миллионнарча еллар элек сирәкләнгән газсыман маддәдән төзелгән чиксез зур шар рәвешендә гигант йолдыз булган. Хәзер инде ул шактый тыгызланган һәм суынган. Ул инде үзенең яшь гомрен генә түгел, Сириус йолдызы шикелле, ак яктылык балкытып торган урта гомрен дә кичергән. Хәзер безнең Кояш „карлик йолдызга" әверелгән, ул инде хәзер картлык ягына таба авышып бара. Аның өстендәге температура әкренләп һаман кими барачак; аның яктылыгы сары төскә, аннан кызыл төскә керәчәк. Өстендәге температура 3000° ка кадәр төшкәч, күктәге сүнеп бара торган әллә никадәр йолдызлар рәтенә керәчәк.

Йолдызларның гомер юлы шуннан гыйбарәт. Йолдызларның һаман үзгәрә барган физик хәлләрен биш төрле чорга бүләргә мөмкин. Ул чорларның һәркайсы әллә ничә миллионнарча миллион елга сузылалар. Менә ул чорлар (яки дөресрәк әйткәндә, йолдыз эволюциясе стадияләре): 1) кызыл гигант-йолдыз чоры; 2) бик югары температуралы ак йолдыз чоры; 3) сүнә башлаган сары йолдыз чоры (безнең Кояш); 4) сүнеп бара торган кызгылт төстәге карлик йолдыз чоры; 5) бөтенләй сүнгән кара йолдыз чоры. Күк дөньясындагы чиксез күп йолдызларның төрлесе төрле чорны уздыралар. Аларның төрле-төрле хәлдә булулары да нинди чорны уздыруларына бәйләнгән. Гигант йолдызлар башкаларның һәммәсенә караганда да көчлерәк яктылык чыгаралар. Шуңа күрә безгә күренә торган йолдызларның күбесе үзләренең беренче чорларын, ягни „яшь чакларын" уздырып яталар дияргә була.

Йолдызларның араларын ни белән үлчиләр?

Гадәттә озын юлларны үлчәгәндә кулланыла торган иң зур берәмлекләр: 1) километр; 2) диңгез миле (1852 метр); 3) географик миля (4 диңгез миленә тигез). Бу берәмлекләр гади тормышыбызда җитәрлек булсалар да, йолдызлар дөньясын үлчәгәндә бик артык кечкенә булып калалар. Москва белән Казан арасын миллиметрлап үлчәү никадәр уңайсыз булса, йолдызларның арасын километрлар белән исәпләү аннан да уңайсызрак, чөнки чиксез зур саннар килеп чыга.

Йолдызлар арасын исәпләгәндә килеп чыккан цифрлар артына әллә никадәр нульләр тезеп бармас өчен

астрономнар махсус берәмлекләр билгеләгәннәр. Мәсәлән, Кояш системасындагы планеталар арасын исәпләү өчен берәмлек итеп Кояш белән Җир арасында уртача ераклыкны алганнар (ул ераклык 149500000 километр). Ул берәмлекне „астрономик берәмлек" дип атаганнар. Бу берәмлек белән хисаплаганда Юпитернең Кояштан ераклыгы — 5,2, Сатурнныкы — 9,55, Меркурийнеке — 0,387.

Ләкин безнең Кояштан башка йолдызларга (кояшларга) кадәр булган ераклыкны исәпләр өчен бу берәмлек тә бик кечкенә. Мәсәлән, безгә иң якын торган йолдыз — центавр төркемендәге Проксима дигән йолдыз (11 нче дәрәҗә зурлыкта һәм кызгылт төстә). Ул йолдызның астрономик берәмлекләр белән хисапланган ераклыгы: 260000. Икенче төрле әйткәндә, ул безнең Кояшка караганда 260000 тапкыр ераграк тора дигән сүз.

Бу — безгә иң якын йолдыз әле; ә башка йолдызлар аңарга караганда да бик күп өлеш ераграк торалар. Андый зур ераклыкларны исәпләр өчен астрономнар тагын да эрерәк берәмлекләр билгеләгәннәр. Аларның берсе „яктылык елы", икенчесе — „парсек".

Яктылык елы дип бер елда буш пространствода яктылык нуры узган юлга әйтәләр. Бу берәмлекнең никадәр зур икәнен без шуннан да аңлый алабыз: Кояштан Җиргә яктылык нуры 8 минутта килеп җитә. Шулай булгач, бер ел 8 минуттан ничә тапкыр зур булса, „яктылык елы" җир орбитасы радиусыннан шулкадәр зур була. Әгәр яктылык елын километрларга әйләндерсәк:

9460000000000 килеп чыга.

Димәк, яктылык елы 9 ярым биллион километр чамасында була.

Астрономнар күбрәк куллана торган берәмлек — парсек. Парсекнең нинди ераклык икәнен аңлар өчен болай дип уйларга туры килә: Җир орбитасының радиусы 150 миллион километр чамасы. Әйтик, без сезнең белән күк бушлыгына чыгып киттек, ди; Җир орбитасы радиусын карап барабыз, ди. Артык еракка китмәсәк, аны карау почмагы әлбәттә зур була; ләкин еракка киткән саен ул почмак кечерәя бара. Без җирдән нинди ераклыкка киткәч Җир орбитасы радиусын карау почмагына бер секунд булса, шул ераклык бер парсек була. Йолдыздан караганда Җир орбитасы радиусы күренү почмагын астрономнар ул йолдызның „еллык параллаксы" дип атаганнар. Параллакс сүзе белән секунд сүзләрен

бергә кушу нәтиҗәсендә „парсек“ килеп чыккан. Югарыда әйтелгән, безгә иң якын торган йолдызның бездән ераклыгы 1,31 парсек. Бер парсек Җир белән Кояш арасы ераклыгыннан 206 265 тапкыр артыграк. Бер парсек 3,26 яктылык елына тигез. Яки 30 800 000 000 000 километр.

Парсеклар һәм яктылык еллары белән исәпләгәндә кайбер якты йолдызларның бездән ераклыклары болай:

	Парсек	Яктылык елы
Центавр төркемендәге Альфа	1,31	4,3
Сириус	2,67	8,7
Процион	3,19	10,4
Альтаир	4,67	15,12

Бу йолдызлар — башкаларга караганда безгә якынрак тора торган йолдызлар. Шулай да, аларны астрономнар „якын“ дисәләр дә, аларның ничек „якынлыкларын“ аңлар өчен югарыдагы таблицаның беренче баганасындагы саннарны 30 биллионга тапкырлап карагыз (бер биллион 12 нульле сан, ягни миллион миллион икәнен истә тотыгыз). Аннан километрлар саны килеп чыгар.

Астрономиядә, йолдызларның арасын үлчәр өчен яктылык елыннан һәм парсектан зуррак булган берәмлекләрдә кулланыла. Миллионнарча йолдызларның араларын һәм зурлыкларын үлчи башлагач, астрономнар тагын да эрерәк үлчәү берәмлекләре кулланырга мәҗбүр булганнар. Ул берәмлекнең берсе „килопарсек“ дип атала. Бер килопарсек мең парсекка, яки 30 800 биллион километрга тигез. Сез аяз төнне күктә төньяктан көньякка табарак сузылган „ак юл“ күргәнегез бардыр; аны халык телендә каз юлы дип йөртәләр. Ул „каз юлы“ бик күп миллионнарча йолдызлардан тора. Шул „каз юлының“ диаметры 100 килопарсек. Андромед дип аталган, томансыман булып күренә торган йолдызлар бездән 260 килопарсек ераклыкта торалар.

Тора-бара килопарсек та астрономнар өчен кечкенә үлчәү булып калган. Шуннан соң алар „мегапарсек“ дигән берәмлек куллана башлаганнар. Мегапарсек миллион парсекка тигез.

Кыскача итеп әйткәндә, астрономнар файдалана торган озынлык берәмлекләре шушылар:

1 мегапарсек = 1 000 000 парсек.
1 килопарсек = 1000
1 парсек = 200 000 астрономик берәмлек.
1 астр. берәмлек = 149 500 000 километр.

Мегапарсекның нинди зурлык икәнен һич тә күз алдына китерергә мөмкин түгел. Әгәр километрны бер чәч бөртеге калынлыгы (0,05 *мм*) кадәр генә дип уйласак, ул чагында да бер мегапарсек 1,5 миллиард километрга туры килә. Бу — Кояшның Җиргә ераклыгыннан 10 тапкыр артыграк дигән сүз бит.

Мегапарсекны күз алдына китерер өчен шушындый мисалны тикшерегез. Бик нечкә пәрәвез җебе Москвадан Ленинградка сузылган булса, аның авырлыгы 10 грамм булыр иде. Җирдән Айга кадәр сузылган пәрәвез җебе 8 кг, ә Кояшка кадәр сузылган пәрәвез җебе 3 тонна булыр иде. Бер мегапарсекка тигез булган озынлыктагы нечкә пәрәвез җебенең авырлыгы 600 000 000 тонна булыр иде.

Ни өчен йолдызлар һаман бер урында торган төсле күренәләр?

Электәрәк кешеләр планеталар гына хәрәкәт итәләр, ә йолдызлар һәр вакыт бер генә урында торалар дип уйлаганнар. Дөрес, төн авышкан саен йолдызлар да авышкан кебек булалар, ләкин ул авышу бары тик Җирнең әйләнүе аркасында гына килеп чыга. Әгәр Җир әйләнеп тормаса, йолдызлар алай авышмаслар иде. Йолдызлар һәр вакыт бер урында торалар дигән сүзне, алар берберсеннән ераклашмыйлар да, бер-берсенә якынаймыйлар да, дигән мәгнәдә аңларга кирәк. Чынлап та, әгәр бер кеше үзенең гомре буенча йолдызларны күзәтеп бара икән, ул аларны һаман бер генә урында табар. Планеталар йолдызлар шикелле түгел, алар йолдызларга карата үзләренең урыннарын алмаштыралар, ягни йолдызлар арасында күчеп йөриләр. Шуңа күрә дә борын заманда аларны „адашып йөрүче йолдызлар“ дип атаганнар („планета“ дигән сүзнең мәгнәсе шулай).

Йолдызлар чынлап та шулай бер урында гына торалармы соң? Хәзерге заман астрономнары аларның да хәрәкәт итеп торганлыкларын белделәр. Бөтен йолдызлар[1] һәм шул исәптән безнең Кояш та, һич туктаусыз хәрәкәт итеп торалар. Безнең җир шары үзенең орбитасы буенча нинди тизлек белән хәрәкәт итсә, йолдызлар да

---

[1] Монда без каз юлы йолдызлары турында сөйлибез; Кояш үзе дә шул каз юлы йолдызлары төркеменә керә.

уртача алып әйткәндә секундга 30 километр тизлек белән берсе-берсенә карата урыннарын алмаштырып, йөреп торалар. Димәк, йолдызларның да хәрәкәте планеталарныкыннан һич тә ким түгел. Йолдызлар арасында безнең планеталардан бик күп тапкыр тизрәк йөри торганнары да бар. Андый йолдызларны „оча торган" йолдызлар дип йөртәләр. Алар безнең Кояшка карата 250—300 *км/сек* тизлек белән йөриләр.

Әгәр безгә күренгән бөтен йолдызлар күз алдына китерә алмаслык зур тизлек белән төрлесе төрле якка хәрәкәт итеп торсалар һәм һәр елны миллиардларча километр юл узсалар, ни өчен без аны сизмибез соң? Ни өчен йолдызлар бик борын заманнардан бирле күкнең һаман бер урнында гына торалар?

Моның сәбәбе — йолдызларның һич башка китерә алмаслык дәрәҗәдә ерак булулары. Сезгә биек урында торып, бик еракта китеп бара торган поездны карап торырга туры килгәне юкмы? Шунда иң тиз йөрешле курьер поезды да ташбака шикелле генә барган кебек күренмәдеме? Якыннан караганда давыл кебек узып китә торган әйбернең дә йөреше, аңа ерактан карап торганда бик әкрен генә, сөйрәлеп кенә барган шикелле күренә. Йолдызлар бездән чиксез ераклыкта торалар, шуңа күрә аларның хәрәкәте безгә бөтенләй беленми дә. Иң якты яна торган йолдызлар башкаларга караганда безгә якынрак торалар. Аларның уртача ераклыгы 800 миллион-миллион километр. Әгәр шундый бер йолдызның бер ел эчендә узган юлы 1000 миллион километр булса, аның шул юлы бездән ераклыгына караганда 800 000 тапкыр кыскарак дигән сүз. Җирдән караганда мондый авышуны күрү почмагы 0,25 секунд кына була. Моны бик дөрес үлчи торган астрономия коралы белән дә чак-чак кына белергә була. Коралсыз күз белән караганда аны 100 ел буена да сизеп булмый. Үзенә махсус эшләнгән кораллар ярдәмендә генә аларның хәрәкәтен сизәргә мөмкин булган. Коралсыз күз белән караганда йолдызлар бер урында катып калган шикелле күренгәч, әлбәттә, йолдызлар хәрәкәт итмиләр дип әйтергә мөмкин була. Шулай да алар бик зур тизлек белән хәрәкәт итеп торалар.

Йолдызларның бер-берсенә бәрелешүләре мөмкинме?

Йолдызлар безнең Җирдән генә түгел, бер-берсеннән дә бик еракта торалар. Шуңа күрә, алар искиткеч зур

тизлек белән төрлесе төрле якка хәрәкәт итеп торсалар да, аларның бер-берсенә килеп бәрелүләре һич мөмкин түгел дияргә була.

Дөрес, йолдызлар секундга 30 километр, сагәткә 110 мең километр, бер тәүлеккә 2 миллион ярым километр тизлек белән йөриләр һәм төрлесе төрле якка тәртипсез рәвештә чабышалар. Шулай булса да, бер йолдызның икенчесенә барып бәрелүе өчен триллион еллап вакыт кирәк. Бу турыда Джипс дигән астроном болай ди:

„Уйлап карагыз: мәсәлән, сез Кояштан ерак түгел бер җирдә күк бушлыгында торасыз, ди. Шуннан сез тиз йөрешле поездан да меңнәрчә тапкыр тизрәк йөри торган йолдызларның янығыздан ничек узып китүләрен карап торасыз, ди... Берәр йолдызның Кояшка якын килеп җиткәнен, беләсезме, ничә ел көтәр идегез? Триллион ел! (18 нульле сан). Икенче төрле әйткәндә— бер йолдыз икенче йолдызга килеп бәрелү өчен триллион ел чамасы юл йөрергә тиеш. Күк пространствосында йолдызлар күз бәйләш уйнагандагы шикелле чуалышып йөриләр, ләкин ул „уенга" катнашучы йолдызлар бик аз һәм алар бер-берсеннән чиксез ерак булганга, аларның килеп бәрелешү ихтималлары юк дәрәҗәсендә кечкенә.

Иң авыр маддә нәрсә?

Йолдызлар дөньясындагы иң гаҗәп нәрсәләрнең берсе — Сириус йолдызы янында әйләнеп йөрүче кечкенә йолдыз дияргә була. Ул йолдыз шак катыргыч авыр нәрсәдән төзелгән. Ул маддәнең чагыштырма авырлыгы судан 60 000 тапкыр артыграк. Әгәр бер стакан терекөмешне күтәреп карасак, аның авырлыгына исебез китә: ул 3 килограмм чамасы була. Әгәр дә әлеге йолдызны төзүче маддәнең бер стаканын үлчәп карасаң, ул 12 мең килограмм булыр иде; димәк, аны күчерү өчен үзенә махсус тимер юл платформасы кирәк дигән сүз. Моны күп кешеләрнең әкияттәге хыял дип уйлавы мөмкин, ләкин астрономия фәнендәге иң соңгы ачылулар моны бик ачык раслыйлар.

Фән дөньясында бу гаҗәп күренешнең ачылу тарихы бик кызык. Күп вакытлардан бирле Сириус йолдызының хәрәкәт итү юлын тикшереп килгәннәр. Шул тикшерүләрдән Сириусның юлы, күп йолдызларныкы шикелле туры булмыйча, бормалы-бормалы икәнен белгәннәр.

Мәшһүр немец астрономы Бессель Сириусның алай бормалы юл белән йөрүенең сәбәбен болай аңлаткан: „Сириус янында тагын бер йолдыз ияреп йөри, шул иярчен йолдызның тартуы аркасында ул үзенең туры юлыннан чыгып, борылып-борылып бара“. Бессель үлгәннән соң, 1862 нче елда астрономнар чынлап та Сириус янында ияреп йөри торган йолдыз барлыгын телескоп аркылы карап күргәннәр, аны „Сириус В“ дип атаганнар.

Сириус иярчене Сириустан 3 миллиард километрдан артыграк ераклыкта торып, аның тирәсендә әйләнеп йөри һәм 49 елда бер тапкыр әйләнеп чыга. Ул үзе зәгыйф йолдыз (аның яктылык дәрәҗәсе 8—9 нчы зурлыкта гына). Ләкин массасы бик зур — Кояш массасының 0,8 өлеше кадәр бар. Сириус йолдызы ераклыгында торса, безнең Кояш 2 нче яки 3 нче дәрәҗәдәге йолдыз шикелле яктылык бирер иде. Әгәр массасы шикелле өске йөз зурлыгы да Кояшныкыннан бик аз гына ким булса, Сириус иярчене 8—9 нчы дәрәҗәдәге йолдыз шикелле генә түгел, 4 нче дәрәҗәдәге йолдыз шикелле яктылык бирер иде. Ләкин массасы зур булса да, Сириус иярчененең яктыруы бик зәгыйф. Баштарак астрономнар, аның температурасы түбән булганлыктан яктыруы начар, дип уйлаганнар.

Озак та үтми, ул уйның ялгыш икәнен белгәннәр. Моннан 25 ел элек, Вильсон обсерваториясендә (Калифорниядә) Сириус иярчененең өске температурасын бик яхшылап тикшергәч, ул сүнеп бара торган йолдыз булмыйча, бәлки, киресенчә, Кояштан да югарырак температуралы йолдыз булып чыккан. Алай булгач, ул йолдызның Җиргә биргән яктылыгы аз булуның сәбәбе бер генә — өске йөз зурлыкның кечкенә булуы булырга мөмкин. Чынлап та, исәпләп карагач, аның радиусы Кояш радиусыннан 19 тапкыр кечкенәрәк булып чыккан. Димәк, Сириус иярчененең күләме Кояш күләменнән 6800 тапкыр аз була (диаметры 40 000 *км* гына). Күләме бик күп өлеш кечкенә булуга карамастан, массасы Кояш массасының 0,8 өлеше кадәр. Моннан без аны төзегән матдәнең бик тыгыз икәнен аңлыйбыз. Исәпләп карасак, суга караганда 60 мең тапкыр тыгызрак булган бер матдә килеп чыга.

Андый авыр матдәнең булуы мөмкинме соң? Билгеле, гади шартларда андый авыр матдәнең булуы мөмкин түгел. Чөнки каты әйберләрнең молекулалары һәм нормаль атомнары арасы бик аз булганга, аларны һичбер

төрле көчле кысу белән дә ул дәрәҗәдә тыгызландыру мөмкин түгел.

Һәрбер атомның уртасында „төше“ бар, һәм шул „төш“ тирәсендә әйләнеп йөри торган электроннары бар. Әгәр атомның төш тирәсендә әйләнеп йөрүче электроннары югалсалар, ягни атом төше үзе генә калса, ул атомның авырлыгы элеккечә диярлек калса да, диаметры берничә мең тапкыр кими; шулай булгач, аның күләме дә шул кадәр үк кими. Бер зур өй янында чебен ничек кечкенә булса, атомның төше дә, нормаль атом каршында шул кадәр кечкенә була. Йолдызларның урталарында чиксез зур көч белән кысылу нәтиҗәсендә атом электроннары аерылып, төшләр чиктән тыш тыгызланырга да мөмкин. Шул вакыт Сириус иярченендәге маддә шикелле бик тыгыз мадданең барлыкка килүе мөмкин.

Әгәр бер әйбер атомнарның төшләреннән генә төзелгән булса, аның тыгызлыгы (яки чагыштырма авырлыгы) су тыгызлыгыннан ничә тапкыр артыграк булыр иде?

Бу сорауга физика болай дип җавап бирә: „Атом төшенең диаметры атомның үз диаметрына караганда 10 000 тапкыр кечкенә. Димәк, атом төшенең күләме бөтен атом күләменең $\frac{1}{10^{12}}$ өлеше кадәр генә була. Бер кубик метр металлның атом төшләрен генә аерып алсак, аның күләме бер кубик миллиметрның ун меңнән бер өлеше генә булыр иде, һәм шул үтә кечкенә күләмдә булса да, аның авырлыгы бер кубик метр металл авырлыгы белән бер тигез булыр иде. Атом төшләреннән генә тора торган 1 $см^3$ ның авырлыгы 10 миллион тонна булыр иде“ [1].

Шулай булгач, теория буенча, суга караганда ун биллион тапкыр тыгызрак булган мадданең дә булуы мөмкин икән.

Бик тыгыз маддәдән төзелгән йолдыз Сириус иярчене генә түгел. Андый тыгыз булган башка йолдызлар да бар. Мәсәлән, Голландия астрономы Ван-Манен тарафыннан табылган йолдызның маддәсе судан 400 мең тапкыр тыгызрак.

---

[1] Е. Рабиновичның „Периодическая система элементов“ дигән китабыннан күчерелде (русчага тәрҗемәсе 1933 нче елда чыккан).

ЭЧТӘЛЕК

I **Бит**

Җир, аның формасы һәм хәрәкәтләре

Вакытның биш төрле булуы 3
Искиткеч күләгәләр 7
Ике поезд турында мәсьәлә 9
Кесә сагәте буенча дөньяның якларын табу 11
Ак төннәр һәм кара көннәр 12
Көн белән төннең алмашынып торулары 13
Полюсларда кояш нурлары җылытамы? 15
Елның төрле чорлары кайчан башланалар? . . . . —
Без Кояшка кайчан якынрак торабыз: кич беләнме, көндезме? 18
Әгәр бер метрга ераграк булса, ничек? . . . . —
Нинди вакыт дөрес? 20
Айлар һәм еллар башы кайда башлана? 23

II

Ай һәм аның хәрәкәтләре

Яңа аймы, иске аймы? 26
Янәшә планеталар 27
Нигә Ай Кояш өстенә барып төшми? 28
Айда ни өчен атмосфера юк? 29
Ай дөньясының зурлыгы 32
Ай өсте пейзажлары . . . . —
Айда күк ничек күренә? 37
Айдан карагаңда Җир ничек күренә? 38
Айда Кояш һәм Җир тотылулар 40
Астрономнар Кояш тотылуларны ни өчен күзәтәләр? 41
Кояш һәм Ай тотылулар ни өчен 18 елда бер булып торалар? 46
Сораулар 48
Айда һава хәле ничек була? 51

III

Планеталар

Көндезге яктыда планеталар 54
Планеталар әлифбасы 55
Кояш тирәсендәге планеталар системасы 56
Меркурийдә ни өчен һава юк? 57
Марс турындагы уйлар дөресме? 59
Планетамы яки кечерәк кояшмы? 60
Сатурн боҗраларының юкка чыгуы 63

Нептуннан да ераграк планета 63
Кечкенә планеталар — астероидлар 64
Безнең иң якын күршеләребез 66
Башка планеталарның күкләре 67
Кояш һәм планеталар турында тагын берничә сүз 70

IV

Йолдызлар

Ни өчен йолдызлар җемелдиләр, ә планеталар тыныч кына яктыралар? 74
Көндез йолдызлар күренәме? 75
Йолдызларның зурлык дәрәҗәләре дип нәрсәгә әйтәләр? . . 76
Күз һәм телескоп 79
Кояш Айга караганда ничә тапкыр яктырак күренә? 80
Кояш һәм йолдызларның чын яктылыклары 82
Бөтен күк дөньясында иң якты йолдыз 83
Ни өчен телескоп йолдызларны зурайтып күрсәтми? 84
Йолдызларның диаметрларын ничек үлчәгәннәр? 87
Йолдызлар дөньясы гигантлары 90
Йолдызларның араларын ни белән үлчиләр? 91
Ни өчен йолдызлар һаман бер урында торган төсле күренәләр? 94
Йолдызларның бер-берсенә бәрелешүләре мөмкинме? 95
Иң авыр маддә нәрсә? 96

Я. И. ПЕРЕЛЬМАН

ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ АСТРОНОМИЯ

(на татарском языке)

Җаваплы редактор: Г. ЫИКБУЛАТ

Басарга кул куелды 29/IV 41-ел. Тиражы 3075. Басма табак 6¼. Табакта 44000 хәреф. Авт. табак 4,79. Заказ № 0145. П. Ф. 2539. Бәясе 1 сум 80 тиен. Төпләү 40 тиен. Коленкорлы төпләү 1 с. 50 т.

Басылды Татарстан АССР ЖПХК каршындагы Татполиграф типографиясендә. Казан, Миславский урамы, 9. 1941 ел.

Бәясе 2 сум 20 тиен